

3100097008568

**STUDI PENGKAJIAN  
INTERFERENSI DAN NOISE  
PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**SUSI ANDRIANI**

**NRP. 293 220 2187**

RSE  
629.46  
And  
s-1  
1996



MILIK PERPUSTAKAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH - NOPEMBER



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**

**1996**

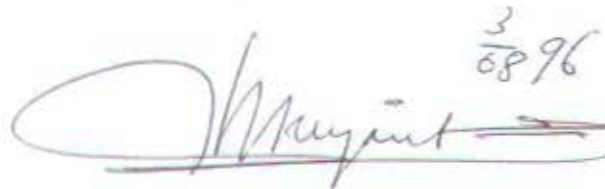
PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	21 JAN 1997
Terima Dari	H

**STUDI PENGKAJIAN  
INTERFERENSI DAN NOISE  
PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Pada  
Bidang Studi Teknik Telekomunikasi  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

**Mengetahui/Menyetujui  
Dosen Pembimbing**



**(DR. Ir. AGUS MULYANTO, M.Sc.)**  
**NIP. 130 422 813**

**SURABAYA**

**JULI, 1996**

## ABSTRAK

---

Teknologi telekomunikasi semakin berkembang sejak ditemukannya sistem komunikasi dengan menggunakan satelit. Interferensi dan noise merupakan salah satu parameter yang sangat mempengaruhi unjuk kerja link satelit. Keduanya dapat menurunkan kualitas sinyal yang diinginkan, sehingga dalam setiap perencanaan sistem komunikasi selalu diusahakan agar level interferensi dan noise dijaga dalam harga yang dapat diterima. Untuk mengantisipasi hal ini maka perlu diketahui jenis-jenis interferensi dan noise pada sistem komunikasi satelit serta efek-efek yang ditimbulkan serta cara-cara mengatasinya.

Satelit pada orbit geostasioner digunakan oleh banyak negara dimana frekuensi yang digunakan kebanyakan bekerja pada C-band (6/4 GHz) dan Ku-band (14/12 GHz). Dalam sistem komunikasi satelit, interferensi dan noise yang berasal dari luar sistem (eksternal) memiliki pengaruh yang cukup besar, sehingga dalam pembahasan akan dibatasi hanya untuk interferensi dan noise eksternal.

Dalam pembahasan akan dikaji mengenai jenis-jenis interferensi dan noise dalam sistem komunikasi satelit, membuat perbandingan dan menganalisa, serta memberikan contoh perhitungan pada link satelit.

Dari hasil studi dapat disimpulkan bahwa Interferensi paling sering terjadi pada frekuensi C-band, sedangkan interferensi yang paling dominan diantara jenis-jenis interferensi lainnya adalah interferensi adjacent satellite serta interferensi terrestrial. Untuk mengatasi hal ini dianjurkan agar menggunakan band frekuensi yang lebih tinggi misalnya pada Ku-band (14/12 GHz) dan Ka-band (30/20 GHz) serta dengan mengatur jarak antar satelit pada orbit geostasioner sebesar  $2^\circ$  dengan akurasi  $\pm 0,05^\circ$ . Noise pada sistem komunikasi satelit lebih memberikan pengaruh pada frekuensi Ku-band, dan diantara jenis-jenis noise yang berperan, maka noise hujan adalah yang paling dominan. Untuk mengatasi masalah noise dianjurkan agar menggunakan sistem modulasi digital TDMA/QPSK serta memperhitungkan kemungkinan terjadinya noise hujan berdasarkan curah hujan di masing-masing daerah.



## KATA PENGANTAR

---

Dengan rahmat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, akhirnya telah dapat diselesaikan tugas akhir ini dengan judul :

### **STUDI PENGKAJIAN INTERFERENSI DAN NOISE PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT**

Tugas Akhir ini mempunyai beban kredit 6 SKS yang merupakan sebagian persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Elektro pada bidang studi Teknik Telekomunikasi di Jurusan Teknik Elektro - Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Semoga buku ini dapat diterima dan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Surabaya, Juli 1996

Penyusun



## UCAPAN TERIMA KASIH

---

Dengan selesainya penyusunan buku Tugas Akhir ini, disampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Agus Mulyanto MSc., selaku dosen pembimbing, yang dengan penuh kebijaksanaan telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Moch Salehuddin MSc, selaku ketua jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan motivasi dan dukungan.
3. Bapak Ir. M. Aries Purnomo selaku koordinator bidang studi Teknik Telekomunikasi yang telah memberikan persetujuan.
4. Bapak Ir. Suwadi, selaku dosen wali yang telah banyak membantu.
5. Seluruh dosen pengajar di jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bantuan dan bekal ilmu.
6. Teman-teman kos di Klampis Anom, T' Ama, T'Ta, Bubi, Qoti, K'ila dan K'Ren yang telah begitu banyak memberikan bantuan.
7. Lidar, Amir, Syahrul dan Daus yang memberikan motivasi dan bantuan
8. Rekan-rekan mahasiswa serta para karyawan di ITS serta semua pihak yang telah membantu.

## DAFTAR ISI

---

BAB	HALAMAN
JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
I. PENDAHULUAN	1
I.1 LATAR BELAKANG	1
I.2 PERMASALAHAN DAN BATASAN MASALAH	1
I.3 METODOLOGI	2
I.4 SISTEMATIKA STUDI	2
I.5 TUJUAN	3
I.6 RELEVANSI	3
II. TEORI PENUNJANG	4
II.1 UMUM	4
II.2 SISTEM KOMUNIKASI SATELIT	4
II.2.1 Satelit Geostasioner	6

II.2.2 Sistem Antena	9
II.2.2.1 Gain Antena	10
II.2.2.2 Beamwidth Antena	11
II.2.2.3 Antenna Pointing Loss	12
II.2.3 Alokasi Frekuensi	13
II.3 KONSEP DASAR INTERFERENSI	15
II.4 KONSEP DASAR NOISE	16
<b>III. INTERFERENSI PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT</b>	18
III.1 UMUM	18
III.2 PERHITUNGAN DASAR INTERFERENSI	19
III.3 JENIS-JENIS INTERFERENSI PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT	20
III.3.1 Adjacent Satellite Interference	20
III.3.2 Terrestrial Interference	25
III.3.3 Cross-Polarization Interference	28
III.3.4 Adjacent Channel Interference	29
III.3.5 Intersymbol Interference	32
III.4 KRITERIA INTERFERENSI	35
III.5 PERBANDINGAN JENIS-JENIS INTERFERENSI	37
III.6 CONTOH PERHITUNGAN INTERFERENSI PADA LINK SATELIT	41
<b>IV. NOISE PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT</b>	46
IV.1 UMUM	46
IV.2 PERHITUNGAN DASAR NOISE	47



IV.3 JENIS-JENIS NOISE PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT	50
IV.3.1 Noise Matahari	50
IV.3.2 Noise Kosmik	52
IV.3.3 Noise Gas-Gas Atmosfir	53
IV.3.4 Noise Karena Hujan	59
IV.3.5 Noise Awan	65
IV.3.6 Noise Ground	68
IV.3.7 Noise Temperatur Antena	69
IV.4 KRITERIA NOISE	70
IV.5 PERBANDINGAN JENIS-JENIS NOISE	75
IV.5 CONTOH PERHITUNGAN NOISE PADA LINK SATELIT	78
<b>V. ANALISA DAN PERHITUNGAN</b>	83
V.1 UMUM	83
V.2 PARAMETER LINK SATELIT	84
V.3 CONTOH PERHITUNGAN LINK SATELIT DENGAN PENGARUH INTERFERENSI DAN NOISE	91
V.4 ANALISA INTERFERENSI DAN NOISE	98
<b>VI. KESIMPULAN</b>	103
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	105

## DAFTAR GAMBAR

---

GAMBAR	HALAMAN
2.1 SISTEM DASAR KOMUNIKASI SATELIT	5
2.2 SUDUT AZIMUTH DAN SUDUT ELEVASI	9
2.3 BEAMWIDTH ANTENA 3-dB	12
3.1 SUDUT ANTARA DUA SATELIT GEOSTASIONER DILIHAT DARI STASIUN BUMI	21
3.2 POLA RADIASI ANTENA DENGAN SPESIFIKASI LEVEL SIDELOBE YANG DIREKOMENDASIKAN FCC	22
3.3 ADJACENT SATELLITE INTERFERENCE	23
3.4 TERRESTRIAL INTERFERENCE	25
3.5 POWER SPECTRAL DENSITY SINYAL CARRIER QPSK	31
3.6 BAND LIMITED POWER SPECTRAL DENSITY SINYAL QPSK	31
3.7 KONSEP ADJACENT CHANNEL INTERFERENCE	31
3.8 POWER SPECTRAL DENSITY MSK, QPSK DAN OQPSK	34
3.9 KONSEP INTERSYMBOL INTERFERENCE	34
4.1 WHITE NOISE POWER SPECTRAL DENSITY	48
4.2 NOISE TEMPERATUR MATAHARI DI RUANG HAMPA	51
4.3 NOISE TEMPERATUR COSMIC	53
4.4 KOEFISIEN REDAMAN DAN UAP AIR	57
4.5 DAERAH CURAH HUJAN BEERDASARKAN MODEL GLOBAL CRANE	62
4.6 NOISE TEMPERATUR AWAN	67
5.1 LINK SATELIT	85

5.2	AVERAGE PROBABILITY OF BIT ERROR UNTUK QPSK DENGAN SATU SINYAL INTERFERENSI QPSK	99
5.3	AVERAGE PROBABILITY OF BIT ERROR UNTUK QPSK DENGAN EMPAT SINYAL INTERFERENSI QPSK	101



## DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN	
2.1	PARAMETER SATELIT GEOSTASIONER	7
2.2	SPEKTRUM FREKUENSI SATELIT	14
3.1	PERBANDINGAN ALOKASI FREKUENSI TRANSMISI GELOMBANG MIKRO DAN KOMUNIKASI SATELIT	28
3.2	PERBANDINGAN JENIS-JENIS INTERFERENSI PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT	40
3.3	DATA INPUT CONTOH PERHITUNGAN INTERFERENSI	
3.4	DATA OUTPUT CONTOH PERHITUNGAN INTERFERENSI ADJACENT SATELIT	45
4.1	NILAI DISTRIBUSI POINT RAIN RATE (mm/h) TERHADAP PERSEN RAIN RATE PER TAHUN	62
4.2	PERBANDINGAN JENIS-JENIS NOISE PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT	81
5.1	DATA INPUT (LINK BUDGET) SISTEM KOMUNIKASI SATELIT UNTUK SISTEM TDMA / QPSK	92
5.2	DATA OUTPUT (LINK BUDGET) SISTEM KOMUNIKASI SATELIT UNTUK SISTEM TDMA / QPSK	97

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 LATAR BELAKANG**

Interferensi dan noise mempengaruhi semua aspek teknologi elektronika dan telekomunikasi. Kedua parameter ini selalu muncul sebagai masalah dalam mendisain suatu rangkaian elektronika atau membuat perencanaan untuk suatu sistem komunikasi. Interferensi dan noise dapat mengganggu kualitas dan efisiensi suatu teknologi elektronika dan telekomunikasi. Seperti dalam sistem komunikasi lainnya, hal yang paling penting dalam sistem komunikasi satelit adalah memberikan kualitas transmisi sinyal yang terbaik antara satelit dengan stasiun bumi. Interferensi dan noise merupakan parameter yang paling berpengaruh dalam merencanakan suatu sistem komunikasi satelit. Dengan semakin banyaknya satelit yang beroperasi pada orbit dengan frekuensi kerja yang bervariasi, semakin besar kemungkinan terjadinya Interferensi dan noise pada suatu sistem komunikasi satelit. Untuk mengantisipasi hal ini, maka perlu diketahui hal-hal yang menyebabkan terjadinya interferensi serta jenis-jenis noise yang berpengaruh sehingga dapat direncanakan suatu sistem komunikasi satelit dengan kualitas yang baik.

### **I.2 PERMASALAHAN DAN BATASAN MASALAH**

Dalam Tugas Akhir ini akan dikaji mengenai interferensi dan noise yang terdapat pada sistem komunikasi satelit. Pada penulisan ini permasalahan akan dibatasi pada sistem komunikasi satelit geostasioner pada C-band dan Ku-band, karena kebanyakan satelit di dunia beroperasi pada band frekuensi ini. Mengenai

masalah interferensi dan noise akan dibatasi pada jenis-jenis interferensi dan noise yang berasal dari luar sistem, karena pada sistem komunikasi satelit lebih besar pengaruhnya dibandingkan dengan interferensi dan noise yang berasal dari dalam sistem.

### **I.3 METODOLOGI**

Studi mengenai interferensi dan noise dalam sistem komunikasi satelit ini dibahas berdasarkan literatur-literatur dan kemudian dibandingkan serta dianalisa sehingga diperoleh suatu kesimpulan pada bab akhir dari Tugas Akhir ini. Untuk pelaksanaan studi ini metodologi pembahasan yang digunakan pada langkah pertama adalah melakukan penelaahan studi dengan mencari bahan-bahan mengenai sistem komunikasi satelit, konsep dasar interferensi dan noise, serta interferensi dan noise yang terdapat pada sistem komunikasi satelit dari berbagai literatur, buku-buku, maupun referensi yang berhubungan dengan permasalahan. Kemudian mencari data-data mengenai perhitungan-perhitungan interferensi dan noise pada sistem komunikasi satelit. Kemudian dari bahan dan data yang diperoleh akan dibuat suatu perbandingan antara jenis-jenis interferensi dan noise pada sistem komunikasi satelit serta memberikan contoh perhitungan mengenai interferensi dan noise. Langkah keempat yaitu membuat suatu kesimpulan berdasarkan uraian yang telah diberikan.

### **I.4 SISTEMATIKA STUDI**

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, bab pertama akan menjelaskan mengenai latar belakang, batasan masalah, metodologi, sistematika pembahasan, tujuan dan relevansi penulisan Tugas Akhir ini. Pada bab kedua sebagai teori penunjang



akan dijelaskan mengenai teori dasar sistem komunikasi satelit, khususnya satelit geostasioner serta konsep dasar interferensi dan noise. Bab ketiga dan bab keempat yang merupakan inti dari pembahasan dalam Tugas Akhir ini akan menguraikan tentang berbagai macam interferensi dan noise, membuat perbandingan dari berbagai interferensi dan noise yang terjadi serta membuat contoh perhitungan interferensi dan noise pada sistem komunikasi satelit, dan pada bab lima akan diberikan contoh perhitungan link satelit dengan adanya pengaruh interferensi dan noise serta memberikan suatu analisa. Pada bab terakhir akan diberikan suatu kesimpulan berdasarkan hasil pembahasan, perbandingan serta analisa interferensi dan noise pada sistem komunikasi satelit.

### **I.5 TUJUAN**

Maksud dari pembahasan Tugas Akhir ini adalah mempelajari bermacam-macam interferensi dan noise yang terdapat pada sistem komunikasi satelit serta pengaruhnya terhadap kualitas transmisi antara satelit dan stasiun bumi sehingga dapat direncanakan suatu sistem komunikasi satelit dengan kualitas transmisi yang terbaik.

### **I.6 RELEVANSI**

Penulisan Tugas Akhir mengenai interferensi dan noise pada sistem komunikasi satelit dapat memberikan pengetahuan dalam merencanakan suatu hubungan sistem komunikasi satelit sehingga keandalan dapat ditingkatkan.

## **BAB II**

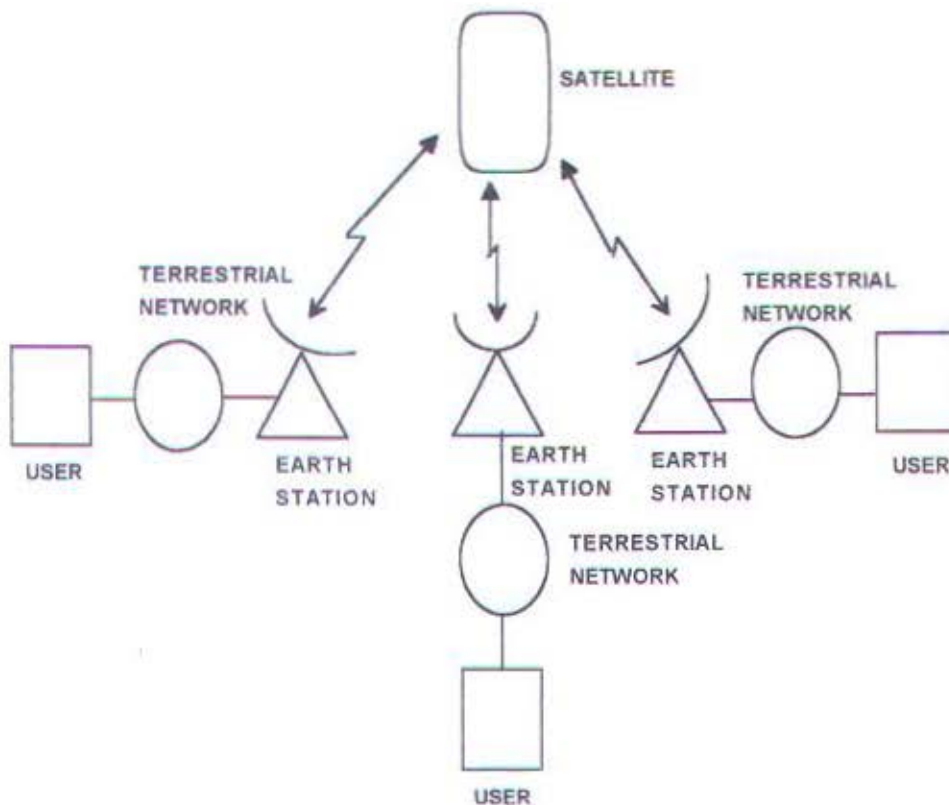
### **TEORI PENUNJANG**

#### **II.1 UMUM**

Seperti dalam sistem komunikasi lainnya, hal yang paling penting dalam sistem komunikasi satelit adalah memberikan kualitas transmisi sinyal yang terbaik antara satelit dengan stasiun bumi. Interferensi dan noise merupakan parameter yang paling berpengaruh dalam merencanakan suatu sistem komunikasi satelit, sehingga dapat mengganggu kelancaran kualitas hubungan transmisi antara satelit dan stasiun bumi. Dengan semakin banyaknya satelit yang beroperasi pada orbit satelit dengan frekuensi kerja yang bervariasi, semakin besar kemungkinan terjadinya interferensi dan noise pada suatu sistem komunikasi satelit. Dalam bab ini akan dibahas mengenai sistem komunikasi satelit, khususnya untuk satelit geostasioner, sistem antena, serta konsep dasar interferensi dan noise dalam suatu sistem komunikasi.

#### **II.2 SISTEM KOMUNIKASI SATELIT**

Konsep dasar dari suatu sistem satelit yaitu dimana terdapat satu atau lebih stasiun bumi berhubungan melalui link dengan satu satelit di ruang angkasa seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.1. Stasiun bumi mengirimkan informasi ke satelit dan kemudian satelit akan memancarkan kembali ke stasiun bumi penerima, sehingga dalam hal ini aplikasi satelit secara umum adalah sebagai satelit pengulang.



GAMBAR 2.1<sup>1</sup>  
SISTEM DASAR KOMUNIKASI SATELIT

Pada saat suatu stasiun bumi memancarkan informasi ke stasiun bumi lainnya, maka satelit yang terdiri dari penerima akan menerima sinyal yang dipancarkan, memperkuat sinyal tersebut dan mengubahnya ke frekuensi lain. Kemudian frekuensi yang baru ini akan dipancarkan kembali ke stasiun bumi penerima di bumi. Sinyal asli yang dipancarkan dari stasiun bumi ke satelit disebut *uplink* dan sinyal yang dipancarkan kembali dari satelit ke stasiun bumi penerima disebut *downlink*. Pada saat sinyal dipancarkan kemungkinan akan mengalami gangguan interferensi dan noise.

<sup>1</sup> Tri T. Ha, Digital Satellite Communication, Mc Graw Hill Publishing Company, New York, 1990, hal 6



### II.2.1 Satelit Geostasioner

Kebanyakan sistem komunikasi satelit saat ini menggunakan satelit Geostasioner yang berada pada orbit sejauh 35.800 km dari permukaan bumi. Kecepatan sudut satelit mengelilingi bumi sama dengan kecepatan sudut perputaran bumi pada porosnya, sehingga periode satelit mengelilingi bumi sama dengan periode perputaran bumi pada porosnya yaitu 24 jam. Dengan demikian seolah-olah kedudukan satelit tetap berada di atas suatu titik pada permukaan bumi di atas ekuator. Suatu satelit dikatakan memiliki orbit Geostasioner jika satelit tersebut memiliki jarak relatif tetap dengan suatu titik di permukaan bumi. Suatu satelit Geostasioner akan mempunyai periode revolusi 24 jam, atau tepatnya 23 jam, 56 menit, 4,091 detik. Tabel 2.1 menunjukkan parameter-parameter sebuah satelit Geostasioner.

Satelit geostasioner juga memiliki beberapa keuntungan antara lain karena satelit terletak hampir tetap terhadap antena stasiun bumi, sehingga antena tersebut dapat berbentuk antena permanen dan tidak memerlukan tracking satelit dengan pengaturan komputer, sehingga biayanya lebih murah. Selain itu tidak diperlukan pengalihan arah antena dari satu satelit ke satelit yang lain karena satelit yang satu hilang dari horizon sehingga tidak terjadi pemutusan komunikasi dan karena jaraknya, satelit Geostasioner dapat dilihat serentak oleh stasiun bumi yang terletak dalam daerah seluas 42.4% dari permukaan bumi yang memungkinkan komunikasi diantara stasiun-stasiun bumi yang cukup banyak dan tersebar, dimana tiga buah satelit dapat mencakup seluruh permukaan bumi kecuali daerah kutub.

TABEL 2.1<sup>2</sup>  
PARAMETER SATELIT GEOSTASIONER

Ketinggian	35.784 km
Ketinggian	23 jam 56 menit 4.091 detik
Inklinasi orbit	(0°)
Kecepatan	6879 statute miles/jam
Daerah cakupan	42.5 % dari permukaan bumi
	(0° Inklinsi)
Daerah yang tak tercakup	Diatas 81° LU atau LS
Sub satellite point	Pada khatulistiwa

Dengan berbagai keuntungan yang dimilikinya, satelit Geostasioner digunakan oleh banyak negara di dunia, sehingga mengakibatkan orbit geostasioner semakin padat, terutama pada C-band. Hal ini dapat mengakibatkan mudahnya terjadi interferensi karena satelit-satelit yang berdekatan.

Suatu satelit geostasioner mempunyai posisi yang relatif tetap dengan suatu titik di muka bumi. Hal ini memungkinkan suatu stasiun bumi yang berada pada daerah cakupan satelit dapat melakukan komunikasi dengan satelit dengan pengarahannya yang mudah. Posisi stasiun bumi terhadap satelit ditentukan oleh sudut elevasi dan sudut azimuthnya.

Sudut azimuth didefinisikan sebagai sudut yang diukur searah jarum jam dari arah utara (*true north*) ke posisi stasiun bumi ke arah satelit. Sedangkan sudut elevasi didefinisikan sebagai sudut yang diukur dari bidang horizontal ke titik yang merupakan pusat *main beam* antena yang diarahkan langsung ke arah

<sup>2</sup> Freeman Roger A., Radio System for Telecommunication (1 - 100 GHz), John Wiley & Sons, New York, 1987, hal 224

satelit. Pengertian sudut *azimuth* dan sudut elevasi dapat dilihat pada gambar

2.2. Sudut azimuth dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :<sup>3</sup>

$$A_{zm} = \arctan [\tan(LO_{es} - LO_{sat}) / \sin(LA_{es})] \quad (2.1)$$

$$E_{lv} = \arctan \left( \frac{\cos(LO_{es} - LO_{sat}) \cdot \cos(LA_{es}) - 0,15126}{\sqrt{1 - \cos^2(LO_{es} - LO_{sat}) \cdot \cos^2(LA_{es})}} \right) \quad (2.2)$$

Dimana :

$A_{zm}$  = Sudut Azimuth (°)

$E_{lv}$  = Sudut Elevasi (°)

$LO_{es}$  = Longitude (bujur) Stasiun bumi

$LO_{sat}$  = Longitude (bujur) Satelit

$LA_{es}$  = Latitude (Lintang) Stasiun Bumi

Untuk persamaan ( 2.1 ) *azimuth* stasiun bumi sesungguhnya dirumuskan sebagai berikut :

1. Untuk stasiun bumi disebelah Utara khatulistiwa

- SB di sebelah Barat satelit  $A_{zm} = 180 - A_{zm}$

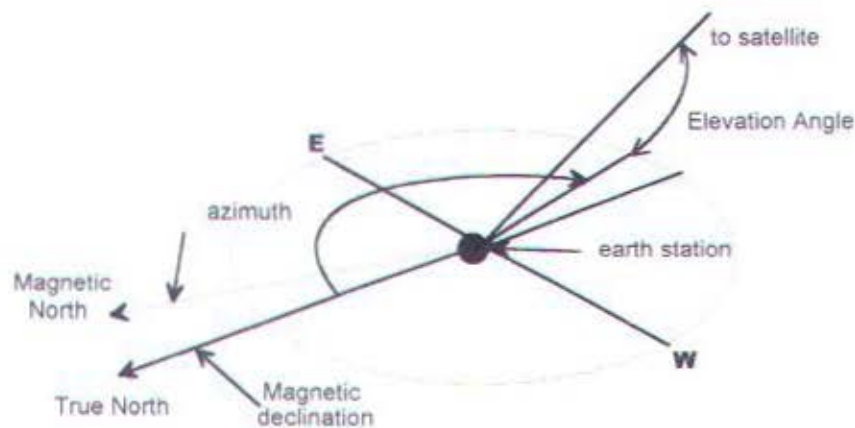
- SB di sebelah Timur satelit  $A_{zm} = 180 + A_{zm}$

2. Untuk stasiun bumi di sebelah Selatan khatulistiwa

- SB di sebelah Barat satelit  $A_{zm} = A_{zm}$

- SB di sebelah Timur satelit  $A_{zm} = 360 - A_{zm}$





GAMBAR 2.2<sup>4</sup>  
SUDUT AZIMUTH DAN SUDUT ELEVASI

Jarak stasiun bumi ke satelit diperoleh dengan persamaan (2.3) sebagai berikut :

$$S = 23192 \sqrt{3,3811 - \cos(LA_{es}) \cdot \cos(LO_{es} - LO_{sat})} \quad (2.3)$$

Dimana :

S = Jarak stasiun bumi ke satelit (km)

## II.2.2 Sistem Antena

Antena adalah subsistem yang paling penting pada stasiun bumi, karena antena merupakan titik terakhir sinyal carrier yang dipancarkan ke satelit dalam frekuensi ke atas dan titik awal sinyal carrier diterima satelit dalam frekuensi ke bawah. Antena stasiun bumi harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain antena stasiun bumi harus mempunyai *directive gain* yang tinggi dan antena tersebut juga harus memiliki pola radiasi dengan level *sidelobe* yang rendah. Selain itu, antena stasiun bumi harus mempunyai noise temperatur yang rendah sehingga akan mengurangi noise temperatur pada sisi down link dan antena stasiun bumi

<sup>4</sup> Walter L. Morgan dan Gordon Gary D. Communication Satellite Handbook, John Wiley & Sons, New York, 1989, hal 228



harus mudah diarahkan, sehingga sistem tracking dapat mengarahkan beam antenna ke arah satelit secara akurat dan akan memperkecil *antena pointing loss*. Ada dua tipe yang sering digunakan pada stasiun bumi, yaitu antenna dengan tipe reflektor tunggal seperti antenna parabola dan tipe antenna dengan reflektor ganda seperti antenna cassegrain.

### II.2.2.1 Gain Antena

Gain merupakan parameter performance suatu antenna stasiun bumi, karena gain antenna ini berhubungan langsung dengan daya uplink dan downlink carrier.

Gain antenna diperoleh dari persamaan dibawah ini :

$$G = \eta \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{\lambda^2} = \eta \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot f^2}{c^2} \quad (2.4)$$

Untuk antenna yang berbentuk lingkaran  $A = \pi D^2 / 4$ , maka :

$$G = \eta \cdot \left[ \frac{\pi D f}{c} \right]^2 \quad (2.5)$$

Atau dapat dituliskan dalam bentuk logaritma sebagai berikut :

$$G = 20,4 + 20 \text{ Log } D_{(m)} + 20 \text{ Log } f_{(GHz)} + 10 \text{ Log } \eta \text{ (dBi)} \quad (2.6)$$

Dimana :

G : Gain antenna (dB)

D : Diameter antenna (m)

f : Frekuensi kerja (GHz)

c : Kecepatan cahaya =  $3 \times 10^8$  m/s

$\eta$  : Effisiensi antenna

### II.2.2.2 Beamwidth Antena

Satelit komunikasi umumnya menggunakan suatu antena pengarah dengan beam yang melingkup daerah tertentu. Secara prinsip ada beberapa jenis antena yang dapat menghasilkan beam bentukan, tetapi dalam prakteknya jenis antena yang dipergunakan umumnya adalah antena luasan berupa antena parabola atau horn baik sebagai horn tunggal maupun kelompok.

Lebar beam lingkup suatu antena luasan dalam 3-dB *beamwidth* pada bidang pengukuran pola radiasi dinyatakan dengan <sup>5</sup>:

$$\theta_{3dB} = K \cdot \frac{\lambda}{D} \quad (\text{derajat}) \quad (2.7)$$

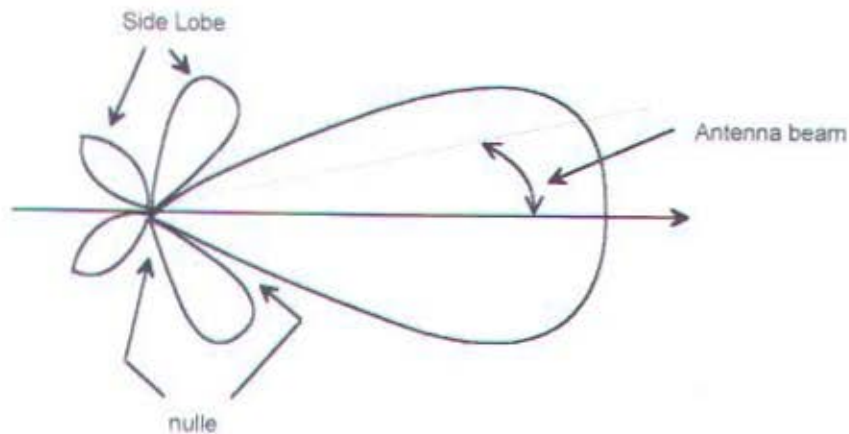
Dimana :

K = Suatu konstanta yang harganya ditentukan oleh distribusi karakteristik luasan antena (~60 - 70)

$\lambda$  = Panjang gelombang (m)

D = Diameter antena (m)

Pancaran dan penerimaan maksimum yang terbesar ditunjukkan oleh lobe utama, sedangkan maksimum yang lainnya ditunjukkan oleh lobe samping. Lobe utama juga dipakai untuk referensi 0 dB. Agar tidak menjadi sumber interferensi terhadap sistem komunikasi lainnya dan juga mengurangi noise yang disebabkan oleh bumi, maka besar amplitudo lobe samping diusahakan beberapa puluh dB di bawah lobe utama. Untuk menekan lobe samping tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan antena dengan gain yang lebih besar, sehingga dengan mengarahkan lobe utama antena ke satelit akan diperoleh C/N yang optimum.



GAMBAR 2.3  
BEAMWIDTH ANTENA 3-dB

Untuk dapat menghasilkan beam lingkupan dengan sudut yang sempit, maka diperlukan diameter antena yang besar. Dengan beam lingkupan yang sempit akan diperoleh daya lebih besar daripada dengan menggunakan beam yang lebar, sehingga didapat proses pengulangan sinyal yang lebih baik.

### II.2.2.3 Antenna Pointing Loss

Kekurangtelitian dalam pengarahannya antena pada arah yang tepat dan berubahnya bentuk permukaan antena parabola karena pengaruh cuaca akan menyebabkan sebagian dari daya yang dipancarkan oleh antena tersebut memancar pada arah yang tidak dikehendaki sehingga menimbulkan kerugian daya yang disebut kesalahan pengarahannya antena. Besar kesalahan pengarahannya antena ini dengan kesalahan permukaannya yang ditetapkan tidak boleh lebih dari 1 mm adalah<sup>6</sup>

$$L_{pa} = 0,0761 e^2 f^2 \quad (2.8)$$

<sup>6</sup>



Dimana :

$L_{pa}$  = Kesalahan pengarahannya ( dB )

$e$  = Kesalahan permukaan ( mm )

$f$  = Frekuensi kerja ( GHz )

### II.2.3 Alokasi Frekuensi

Pengaturan spektrum frekuensi sangat penting karena merupakan fasilitas bagi komunikasi satelit dan aplikasi telekomunikasi lainnya. Hal ini ditentukan oleh *World Administration Radio Conference* (WARC) pada tahun 1979 dan disetujui oleh *International Telecommunication Union* (ITU). Frekuensi yang digunakan dalam sistem komunikasi satelit di alokasikan pada pita *Super High Frequency* (SHF) dan *Extremely High Frequency* (EHF) yang terbagi dalam sub pita seperti pada tabel 2.2 diatas. Dalam pembahasan ini permasalahan dibatasi pada C-Band dan Ku-Band karena kebanyakan satelit pada saat ini beroperasi pada band frekuensi ini.

Band frekuensi yang digunakan secara luas dalam komunikasi satelit adalah pada C-band. Frekuensi uplink berada pada range 5,925 GHz hingga 6,425 GHz, dan frekuensi downlink berada pada range 3,7 GHz hingga 4,2 GHz. Secara umum frekuensi uplink pada C-band berada pada frekuensi 6 GHz dan frekuensi downlink berada pada 4 GHz atau sering ditandai dengan 6/4 GHz. Frekuensi C-band masih sering digunakan karena telah banyak pengalaman dalam membuat perencanaan link satelit pada band frekuensi ini. Karena kebanyakan satelit menggunakan C-band frekuensi, maka dapat dipastikan terjadinya interferensi.



TABEL 2.2<sup>7</sup>  
SPEKTRUM FREKUENSI SATELIT

Band Frekuensi	Range (GHz)
L	1 - 2
S	2 - 4
C	4 - 8
X	8 - 12
Ku	12 - 18
K	18 - 27
Ka	27 - 40
Millimeter	40 - 300

Selain C-band, band frekuensi pada range yang lebih tinggi yaitu Ku-band mulai menarik perhatian pada tahun 1989. Frekuensi uplink berada pada range 14 GHz hingga 14,5 GHz, dan frekuensi downlink pada range 11,7 GHz hingga 12,2 GHz. Secara umum Ku-band berada pada 14/12 GHz. Kebanyakan komunikasi satelit yang baru akan beroperasi pada band ini, karena pada C-band telah terlalu padat (*overcrowded*).

Ku-Band (14/12) GHz merupakan pita frekuensi yang sering digunakan pada saat ini untuk penggunaan komunikasi satelit, karena pita frekuensi yang saat ini digunakan sudah tidak lagi mencukupi kebutuhan komunikasi satelit. Selain mengurangi kepadatan pita frekuensi di bawah 10 GHz, penggunaan Ku-Band memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan C-Band (6/4) GHz, antara lain diameter antena yang digunakan lebih kecil, sehingga lebih ekonomis dan mudah dipasang, dapat menghindari interferensi dengan sistem komunikasi lainnya yang kebanyakan bekerja pada frekuensi C-Band dan

bandwidthnya lebih lebar. Masalah yang dihadapi pada pita frekuensi ini terutama adalah redaman yang disebabkan oleh hydrometeor (hujan, awan serta gas-gas atmosfer yang terdiri dari oksigen dan uap air) .

### III.3 KONSEP DASAR INTERFERENSI

Pengertian interferensi secara sederhana adalah masuknya sinyal yang tak diinginkan (*unwanted signal*) kedalam sinyal yang diinginkan (*wanted signal*). Interferensi terdapat dimana-mana dan tak dapat dihindarkan, serta memberikan perubahan yang besar pada penggunaan spektrum radio. Interferensi dapat terjadi karena penggunaan spektrum frekuensi yang sama.

Frekuensi kerja yang digunakan dalam setiap percobaan dan operasi dari satelit perlu diatur agar tidak saling mengganggu. Pengaturan frekuensi ini tidak hanya mencakup frekuensi untuk sistem komunikasi satelit saja, tetapi juga harus meliputi frekuensi yang digunakan oleh sistem terestrial khususnya dalam daerah gelombang mikro.

Untuk menertibkan pemakaian frekuensi, maka *International Telecommunication Union* (ITU) telah menyelenggarakan suatu *Extraordinary Administrative Radio Conference* (EARC). Hasil dari konferensi ini mengatur penggunaan spektrum frekuensi bersama antara frekuensi yang dialokasi terestrial. Disamping itu juga dirumuskan prosedur pengkoordinasiannya untuk menghindarkan adanya saling mengganggu antar sistem dan antar negara.



## II.4 KONSEP DASAR NOISE

Keberhasilan suatu sistem komunikasi tergantung pada ketepatan penerima untuk mendeteksi sinyal yang dipancarkan. Pendeteksian sinyal yang sempurna sangat memungkinkan apabila tidak terdapat noise. Sinyal yang ditransmisikan seringkali diganggu oleh noise yang selalu ada dalam sistem komunikasi. Noise yang datang bersama-sama sinyal informasi membatasi kemampuan penerima untuk menerima sinyal tersebut, sehingga rate informasi dari transmisi juga terbatas.

Pada sistem komunikasi, noise didefinisikan sebagai sinyal listrik yang tidak diinginkan yang menyertai sinyal informasi. Kualitas sistem komunikasi ditentukan oleh besarnya perbandingan antara sinyal dan noise. Semakin tinggi harga level sinyal dibanding dengan level noise, maka sistem komunikasi itu semakin baik. Sebaliknya semakin rendah level sinyal dibanding dengan level noise, maka kualitas sistem komunikasi semakin menurun. Sehingga untuk meningkatkan kualitas sistem komunikasi dapat dilakukan dengan memperbesar sinyal serta memperkecil noise.

Menurut sumbernya, noise dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu noise eksternal dan noise internal. Noise eksternal adalah noise yang berasal dari luar sistem. Sumber utama dari eksternal noise terhadap penerima yang sering mengganggu kualitas sistem komunikasi terdiri dari noise buatan manusia (*Man-made Noise*), dimana noise ini berasal dari bermacam-macam benda yang menghasilkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi lebih dari 60 Hz, dan berada disekitar radiasi sinyal yang menyebabkan filter pada penerima tidak



cukup selektif untuk menyaringnya. Kemudian noise atmosfer yaitu noise yang berasal dari gas-gas atmosfer terutama oksigen dan uap air. Noise kosmik yang berasal dari bintang-bintang galaksi diluar atmosfer, noise matahari serta noise awan juga merupakan noise eksternal. Jenis noise inilah yang akan dibahas dalam pembahasan nanti, karena memiliki pengaruh yang besar terhadap link satelit komunikasi.

Yang kedua adalah noise internal yang merupakan suatu noise yang terdapat dalam rangkaian listrik. Noise ini ditimbulkan oleh komponen aktif maupun komponen pasif yang terdapat pada rangkaian penerima. Internal noise dapat berupa *thermal Noise* yaitu noise yang ditimbulkan oleh pergerakan secara random dari partikel bermuatan (biasanya elektron) di dalam media konduktif dan *shot noise* yaitu noise ini disebabkan oleh variasi random akibat munculnya elektron (atau *hole*) pada output elektroda dari peralatan/komponen penguat dan muncul sebagai variasi random noise karena arus yang dilapiskan pada output.

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai interferensi dan noise pada sistem komunikasi terutama dalam sistem komunikasi satelit, akan dibahas pada bab berikutnya, yang akan menjelaskan mengenai jenis-jenis interferensi dan noise yang terdapat pada sistem komunikasi satelit, memberikan perbandingan sehingga dapat diketahui jenis interferensi dan noise yang paling dominan, serta memberikan contoh perhitungan interferensi dan noise pada link satelit.

## BAB III

# INTERFERENSI PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

### III.1 UMUM

Sejumlah besar satelit dapat tinggal bersama-sama pada orbit geostasioner, hanya jika level interferensi bersama dapat dijaga dalam harga yang dapat diterima. Interferensi dapat didefinisikan sebagai masuknya sinyal yang tidak diinginkan (*unwanted signal*) ke dalam sistem komunikasi satelit sehingga mengurangi mutu sinyal yang diinginkan (*wanted signal*).

Masalah interferensi tidak dapat dihindarkan dan ada dimana-mana. Apabila disuatu daerah terdapat beberapa sistem komunikasi yang bekerja pada suatu band frekuensi yang sama atau hampir sama, maka akan terjadi interferensi diantara sistem-sistem komunikasi tersebut. Demikian pula halnya dengan sistem komunikasi satelit yang menempati orbit geostasioner dan bekerja pada C-band dengan frekuensi kerja 6 GHz untuk uplink dan 4 GHz untuk downlink. Karena orbit geostasioner merupakan tempat yang paling baik untuk komunikasi satelit, maka dengan meningkatnya jumlah satelit pada orbit tersebut, interferensi akan menjadi suatu hal yang kompleks.

Yang akan dibahas dalam bab ini meliputi dasar perhitungan interferensi, jenis-jenis interferensi yang terjadi pada sistem komunikasi satelit, kriteria interferensi serta perbandingan antara jenis-jenis interferensi sehingga dapat diketahui jenis interferensi yang paling dominan. Selain itu diberikan pula contoh perhitungan interferensi pada link satelit.



### III.2 PERHITUNGAN DASAR INTERFERENSI

Carrier dapat diganggu oleh sinyal interferensi yang tidak diharapkan. Dengan menganggap  $(C/I)_u$  sebagai *uplink carrier-to-interference ratio* dan  $(C/I)_d$  adalah *downlink carrier-to-interference ratio*, maka persamaan total link satelit untuk *carrier-to-interference ratio* adalah :<sup>8</sup>

$$(C/I)_t^{-1} = (C/I)_u^{-1} + (C/I)_d^{-1} \quad (3.1)$$

Persamaan (3.1) digunakan sebagai persamaan dalam sistem satelit yang menggunakan tipe modulasi tertentu, dengan adanya pengaruh dari sumber-sumber interferensi yang akan dijelaskan berikut ini dapat dijumlahkan sebagai *total carrier-to-interference ratio* dapat digunakan untuk memprediksi *performance link*.

Hasil total keseluruhan link satelit akibat adanya pengaruh interferensi beserta noise (*carrier-to-interference plus noise ratio*) adalah :

$$\begin{aligned} \left[ \frac{C}{N+I} \right] &= \left[ (C/N)_u^{-1} + (C/N)_d^{-1} + (C/I)_u^{-1} + (C/I)_d^{-1} \right]^{-1} \\ \left[ \frac{C}{N+I} \right]_{tot} &= \left[ (C/N)_{tot}^{-1} + (C/I)_{tot}^{-1} \right]^{-1} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Persamaan (3.2) ini digunakan secara luas sebagai persamaan dalam sistem satelit untuk dapat memperkirakan *performance link satelit* dengan adanya pengaruh noise dan interferensi. Persamaan ini akan digunakan untuk pembahasan pada bab lima yang akan memberikan contoh perhitungan link satelit dengan pengaruh gabungan interferensi dan noise.



### III.3 JENIS-JENIS INTERFERENSI PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

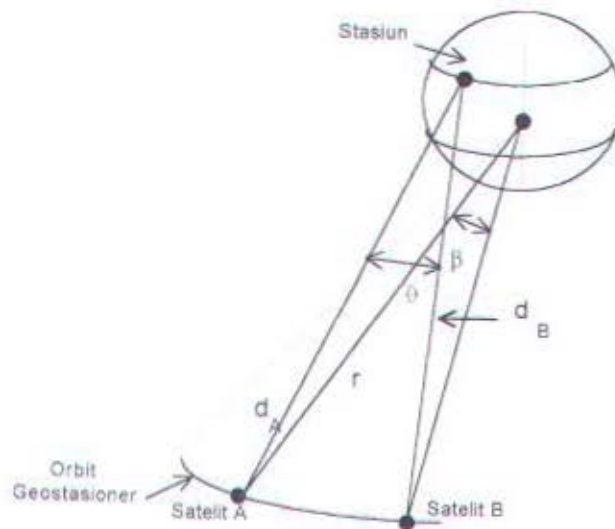
Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa performance dari suatu sistem komunikasi satelit C/N dapat dipengaruhi oleh terjadinya interferensi sinyal yang tidak diharapkan. Ada beberapa jenis interferensi yang mungkin terjadi dalam sistem komunikasi satelit antara lain :

1. *Adjacent satellite interference*
2. *Terrestrial interference*
3. *Cross-polarisation interference*
4. *Adjacent channel interference*
5. *Intersymbol Interference*

Dalam pembahasan berikut ini akan diselidiki sumber-sumber terjadinya interferensi yang berpengaruh terhadap link satelit.

#### III.3.1 Adjacent Satellite Interference

Pada saat ini banyak sekali satelit yang berada pada orbit geostasioner dan bekerja pada C-band dengan frekuensi 6/4 GHz, sehingga memudahkan terjadinya interferensi. Sebuah stasiun bumi yang memancarkan carrier ke suatu satelit, mempunyai kemungkinan untuk menimbulkan interferensi terhadap satelit yang berdekatan (*adjacent*) dengan satelit yang dimaksud. Interferensi ini dibangkitkan oleh stasiun bumi ke *adjacent satellite* yang datang dari *sidelobe* antena. Untuk mencari besarnya daya interferensi yang dibangkitkan atau diterima oleh *sidelobe* antena stasiun bumi ke atau dari sebuah *adjacent satellite*, maka yang perlu diperhatikan adalah besarnya sudut pemisahan anguler antara dua satelit geostasioner dilihat dari stasiun bumi (gambar 3.1).



GAMBAR 3.1<sup>9</sup>  
SUDUT ANTARA DUA SATELIT GEOSTASIONER DILIHAT DARI STASIUN BUMI

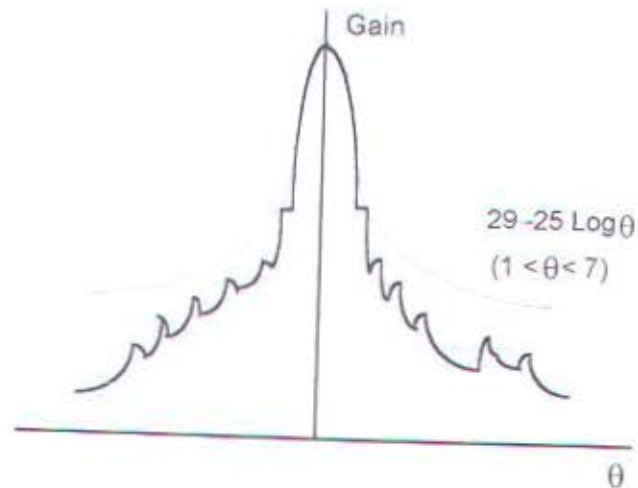
Pengertian sudut tersebut ditunjukkan oleh gambar 3.1, dan dijelaskan oleh persamaan sebagai berikut :<sup>10</sup>

$$\theta = \arccos \left( \frac{d_A^2 + d_B^2 - 2r^2 (1 - \cos \beta)}{2d_A d_B} \right) \quad (3.3)$$

Dimana :

- $\theta$  : sudut antara dua satelit geostasioner dilihat dari stasiun bumi.
- $\beta$  : selisih sudut satelit ( $\beta = |\theta_{S,A} - \theta_{S,B}|$ )
- $d$  : jarak antara stasiun bumi dengan kedua satelit
- $r$  : orbit geostasioner = 42.164,2 km

Interferensi yang dibangkitkan oleh stasiun bumi ke *adjacent satellite* timbul dari karakteristik sidelobe antenanya, seperti ditunjukkan pada gambar 3.2.



GAMBAR 3.2<sup>11</sup>  
POLA RADIASI ANTENA DENGAN SPESIFIKASI LEVEL SIDELOBE  
YANG DIREKOMENDASIKAN FCC

Untuk menanggulangi masalah interferensi ini, *Federal Communication Commission* (FCC) telah mengatur secara spesifik besarnya level sidelobe dari antenna stasiun bumi relatif terhadap *isotropic gain* sebagai berikut :<sup>12</sup>

$$\begin{array}{ll}
 29 - 25 \text{ Log} \theta \text{ dB} & 1^\circ \leq \theta \leq 7^\circ \\
 8 \text{ dB} & 7^\circ \leq \theta \leq 9.2^\circ \\
 32 - 25 \text{ Log} \theta \text{ dB} & 9.2^\circ \leq \theta \leq 48^\circ \\
 -18 \text{ dB} & 48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ
 \end{array} \quad (3.4)$$

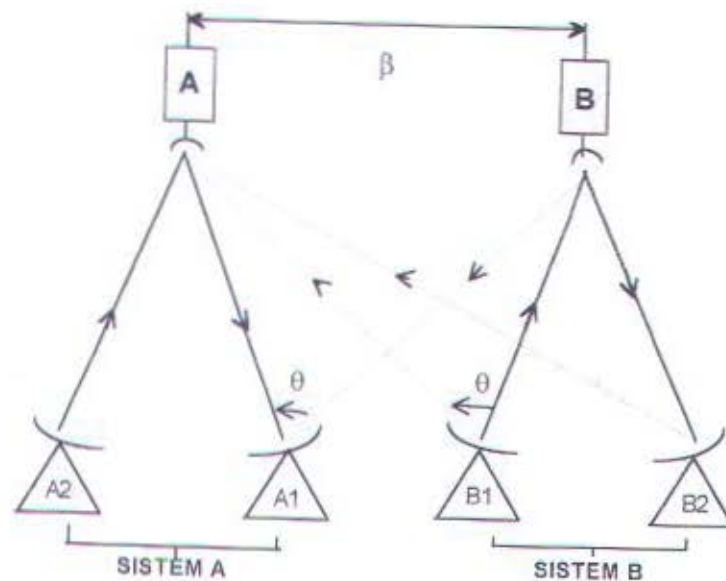
Dimana :

$\theta$  : sudut antara satelit yang berdekatan dilihat dari stasiun bumi

Untuk menganalisa interferensi ke atau dari sistem adjacent satelit berdasarkan link satelit dan garis edar interferensi antara dua sistem satelit A dan B perlu diperhatikan gambar 3.3.

<sup>11</sup>  
<sup>12</sup> Ibid, hal 143  
Log.cit





GAMBAR 3.3<sup>13</sup>  
ADJACENT SATELLITE INTERFERENCE

Dengan menganggap A adalah sistem satelit yang telah ada (*existing satellite system*) dan B adalah sistem satelit yang dituju (*proposed satellite system*), maka link satelit antara stasiun bumi pemancar A2 dan stasiun bumi penerima A1 akan dipengaruhi oleh dua sumber interferensi. Sinyal interferensi uplink dari stasiun bumi pada sistem B dan sinyal interferensi downlink datang dari satelit B.

Berdasarkan analisa link pada bab kedua maka daya interferensi uplink adalah

$$\left(\frac{C}{I}\right)_u = EIRP(dBW) - EIRP'(dBW) + G_u(dB) - G_u'(dB) \quad (3.5)$$

Dimana :

$EIRP'$  : EIRP dari sinyal interferensi dari arah satelit terinterferensi A

$f_u$  : Frekuensi interferensi uplink

$d'u$  : Range kemiringan uplink antara satelit terinterferensi A dan stasiun bumi interferensi B1

$G'u$  : Gain antena dari satelit terinterferensi A dalam arah stasiun bumi interferensi B1

Dengan mengasumsikan level selubung *sidelobe* relatif pada 0 dB (persamaan 3.4), maka persamaannya menjadi :

$$\left(\frac{C}{I}\right)_u = EIRP(dBW) - EIRP^*(dBW) + G_i(dB) - (29 - 25 \log \theta) + G_u(dB) - G'_u(dB) \quad (3.6)$$

Dimana :

$EIRP^*$  : EIRP dari sinyal interferensi dalam arah dari satelit interferensi B

$G_i$  : Gain antena pemancar on-axis dari stasiun bumi terinterferensi A1

Dengan cara yang sama, downlink carrier-to-interference ratio diberikan oleh :

$$\left(\frac{C}{I}\right)_d = EIRP_s(dBW) - EIRP'_s(dBW) + G(dB) - (29 - 25 \log \theta) \quad (3.7)$$

Dimana :

$EIRP_s$  : EIRP dari satelit terinterferensi A dalam arah dari stasiun bumi terinterferensi A1

$EIRP'_s$  : EIRP dari satelit interferensi B dalam arah dari stasiun bumi terinterferensi A1

$G$  : Gain antena penerima on-axis dari stasiun bumi terinterferensi A1

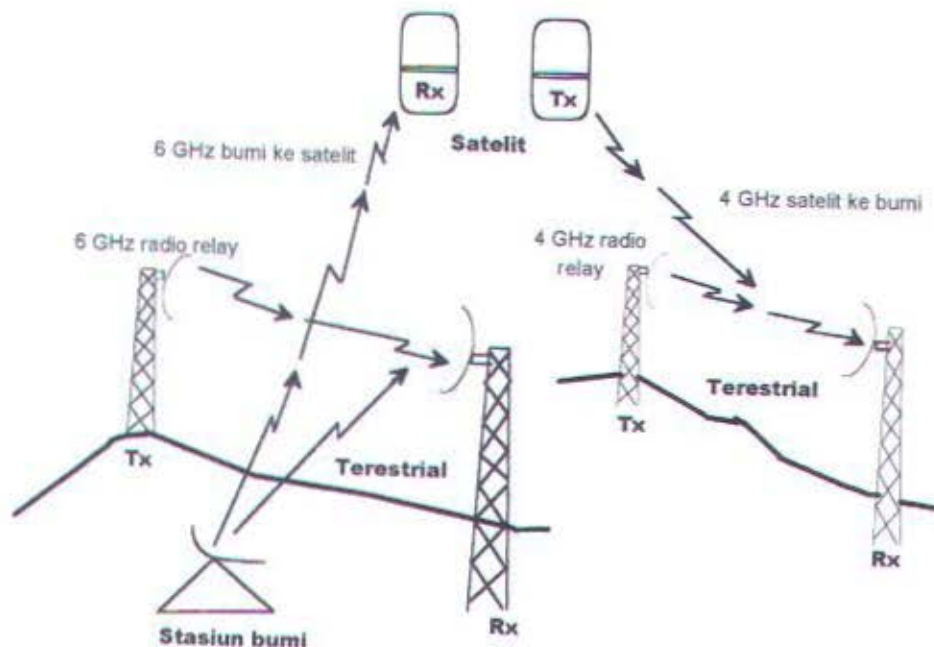
Maka total rasio pembawa ke interferensi (C/I) terhadap dua sumber interferensi menunjukkan interferensi yang dibangkitkan oleh sistem satelit B ke sistem adjacent satelit A, yang diberikan oleh persamaan berikut :

$$\left[\frac{C}{I}\right] = \left\{ \left[\frac{C}{I}\right]_u^{-1} + \left[\frac{C}{I}\right]_d^{-1} \right\}^{-1} \quad (3.8)$$

Dari karakteristik interferensi karena adjacent satelit, maka sangatlah penting untuk mendisain suatu antena sesuai dengan standart yang direkomendasikan FCC untuk menekan besar level daya interferensi.

### III.3.2 Terrestrial Interference

Interferensi ini disebabkan karena alokasi frekuensi yang digunakan komunikasi satelit (misalnya 6/4 GHz), juga dipakai oleh jaringan terrestrial gelombang mikro. Stasiun bumi penerima pada band 4 GHz, akan mudah terinterferensi oleh transmisi terrestrial gelombang mikro pada 4 GHz.



GAMBAR 3.4<sup>14</sup>  
TERRESTRIAL INTERFERENCE



Demikian pula pada saat stasiun bumi mentransmisikan frekuensi 6 GHz, maka akan menghasilkan interferensi ke penerima terestrial gelombang mikro dengan frekuensi yang sama.

Penggunaan bersama band frekuensi antara sistem satelit dengan sistem komunikasi terestrial yang mengakibatkan terjadinya interferensi ini dapat diatasi dengan berdasarkan pada pertimbangan :

1. Sinyal dari satelit tidak boleh menyebabkan terjadinya interferensi pada penerima sistem terestrial.
2. Sinyal dari pemancar terestrial tidak boleh menyebabkan interferensi pada satelit.
3. Sinyal dari stasiun bumi tidak boleh menyebabkan interferensi pada penerima sistem terestrial.
4. Sinyal dari pemancar terestrial tidak boleh menyebabkan interferensi pada stasiun bumi.

Gambar 3.4 menunjukkan contoh interferensi yang terjadi antara sistem komunikasi satelit dan sistem terestrial pada band frekuensi 4/6 GHz, yaitu antara sistem jaringan gelombang mikro, stasiun bumi dan satelit. Interferensi antara stasiun bumi dan satelit dapat terjadi karena lekukan samping dari antena stasiun bumi terlalu besar. Sedangkan interferensi antar stasiun di bumi dapat terjadi antara lain karena pengaruh cuaca atau atmosfer bumi.

Apabila suatu stasiun bumi dan suatu stasiun terestrial benar-benar menggunakan secara bersama suatu band frekuensi tertentu sehingga terdapat kemungkinan untuk saling mengganggu, maka diperlukan suatu pengaturan

koordinasi antara kedua sistem tersebut. Proses koordinasi ini disebut koordinasi frekuensi, dan ini merupakan suatu hal yang sangat penting untuk frekuensi C-band ( 6/4 GHz ) yang sangat padat. Selain itu pemilihan lokasi sehingga daerah sekitar sisi stasiun bumi tidak mempunyai kemungkinan untuk terinterferensi dengan link terrestrial diperlukan pula koordinasi jarak. Proses koordinasi jarak dapat dihitung berdasarkan laporan CCIR nomor 724-1 dan 382.

Dengan tujuan untuk menghindarkan interferensi yang saling mengganggu antar sistem, ITU (*International Telecommunication Union*) telah menetapkan beberapa pembatasan mengenai daya yang dipancarkan, pengarahan antena, syarat-syarat operasi dan lain-lain.

Apabila suatu stasiun bumi dan suatu stasiun terrestrial benar-benar menggunakan secara bersama satu frekuensi tertentu sehingga terdapat kemungkinan untuk saling mengganggu, maka diperlukan suatu pengaturan koordinasi antara kedua stasiun tersebut. Tabel 3.1 menunjukkan perbandingan alokasi frekuensi oleh FCC untuk transmisi gelombang mikro terrestrial dan komunikasi satelit di negara USA.

Jadi sistem komunikasi satelit dengan sistem komunikasi terrestrial, digunakan metode berikut :

1. Pembatasan daya pancar oleh beberapa pemancar terrestrial.
2. Pengaturan frekuensi pada beberapa jaringan terrestrial.
3. Memperhitungkan alokasi antar stasiun pada jarak dan posisi tertentu.

TABEL 3.1<sup>15</sup>  
 PERBANDINGAN ALOKASI FREKUENSI  
 TRANSMISI GELOMBANG MIKRO DAN KOMUNIKASI SATELIT

FCC Terrestrial Common Carrier Band	Band Frekuensi Satelit Internasional		
	Down link (GHz)	Up link (GHz)	Bandwidth (MHz)
2,11 - 2,13			20
2,16 - 2,18			20
	2,5 - 2,535		35
		2,655 - 2,69	35
	3,4 - 3,7		300
3,7 - 4,2	3,7 - 4,2		500
		4,4 - 4,7	300
5,925 - 6,425		5,925 - 6,425	500
	7,25 - 7,75		500
		7,9 - 8,4	500
	10,95 - 11,2		
10,7 - 11,7	11,45 - 11,7		500
	11,7 - 12,2		500
		14 - 14,5	500
	17,7 - 21,2		3,500
		27,5 - 31	3,500

### III.3.3 Cross Polarization Interference

Interferensi polarisasi silang (cross-polarization interference) dapat terjadi karena hasil perbedaan bentuk polarisasi pada sisi stasiun bumi dengan sisi satelit. Hal ini disebabkan oleh pengaruh lintasan karena hujan atau pengaruh dari ketidaksempurnaan arah antena (*misalignment*) antara antena stasiun bumi dengan antena satelit. Pada band 6/4 GHz pengaruh hujan terhadap interferensi polarisasi silang yang terjadi dapat diabaikan. Oleh karena itu, yang menentukan interferensi tersebut adalah perbedaan (*discrimination*) yang dihasilkan oleh antena satelit dan antena stasiun bumi.



Perbedaan polarisasi silang didefinisikan sebagai rasio dari daya yang diterima secara prinsip polarisasi terhadap daya yang diterima pada polarisasi orthogonal dari sinyal datang yang sama pada saat dua sinyal yang dipolarisasi memiliki daya yang sama sehingga menunjukkan rasio pembawa ke interferensi polarisasi silang (*carrier-to-cross polarization interference ratio*).

Total perbedaan polarisasi silang (*net cross-polarization discrimination*) link satelit adalah kombinasi pengaruh dari antena satelit dan antena stasiun bumi uplink maupun downlink. Jika dimisalkan  $X_e$  dan  $X_s$  adalah *cross-polarization discrimination* dari antena stasiun bumi dan antena satelit, maka *total cross-polarization discrimination link* minimum adalah :

$$X_{\min} = 1/2 \left( X_e^{-1} + X_s^{-1} \right)^{-1} \quad (3.9)$$

Dalam hal ini  $X_{\min}$  dapat mewakili keadaan dari carrier to cross polarization interference ratio, atau  $(C/I)_x = X_{\min}$  yang juga mempengaruhi C/N total.

### III.3.4 Adjacent Channel Interference

Sumber interferensi yang lain pada link satelit adalah interferensi karena kanal yang berdekatan (*adjacent channel interference*), yang muncul karena kanal satelit yang band-limited. Suatu sinyal QPSK yang mempunyai spektrum kerapatan daya (*power spectral density*) seperti pada gambar 3.5, dari gambar tersebut terlihat mainlobe, dimana energi sinyal terpusat, memiliki bandwidth  $B = 1/T_b$ . Dalam prakteknya, sinyal QPSK tersebut difilter dengan bandwidth  $B = 0.6/T_b$  yang menghasilkan kanal *band-limited* seperti pada gambar 3.6. Interferensi timbul ketika beberapa bagian energi sinyal *band-limited* jatuh pada

*adjacent channel*, seperti pada gambar 3.7. Untuk interferensi dari dua kanal yang sama serta berdekatan, maka *carrier-to-adjacent channel interference ratio uplink* diberikan oleh persamaan berikut :<sup>16</sup>

$$\left[ \frac{C}{I} \right]_u = \frac{\int_{f_c-B/2}^{f_c+B/2} S_u(f) df}{4 \int_{f_c-\Delta/2}^{f_c+B/2} S_u(f) df} \quad (3.10)$$

Dimana :

$S_u(f)$  : *Power spectral density carrier QPSK* pada output dari stasiun bumi HPA (W/Hz)

$\Delta$  : pemisahan *adjacent carrier frequency*

Sedangkan *carrier to adjacent channel interference downlink* untuk interferensi dari dua *adjacent channel* yang sama digunakan persamaan berikut :<sup>17</sup>

$$\left[ \frac{C}{I} \right]_d = \frac{\int_{f_c-B/2}^{f_c+B/2} S_d(f) |H(f)|^2 df}{4 \int_{f_c-\Delta/2}^{f_c+B/2} S_d(f) |H(f)|^2 df} \quad (3.11)$$

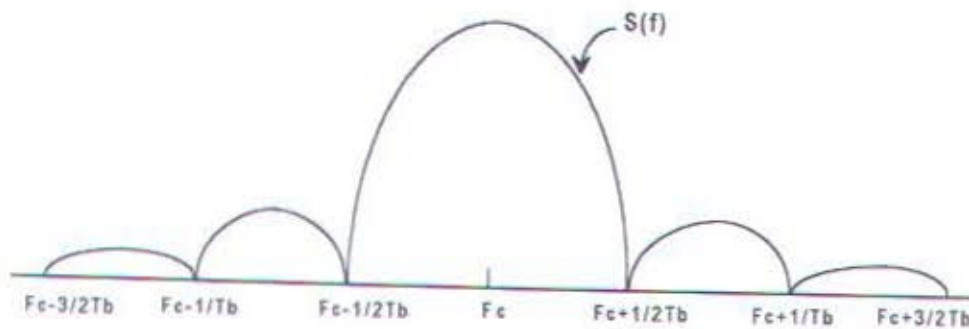
Dimana :

$S_d(f)$  : *Power spectral density carrier QPSK* pada output satelit TWTA (W/Hz)

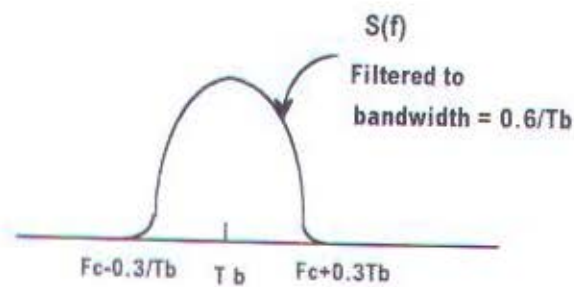
$H(f)$  : Respon amplitudo dari output multiplexser satelit

Sehingga diperoleh total *carrier-to-adjacent channel interference ratio* sebagai berikut :

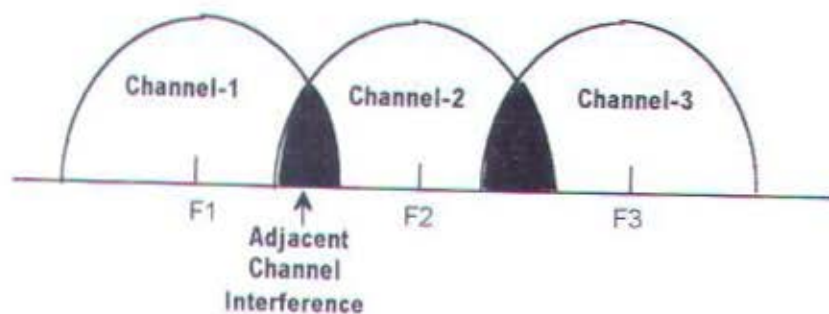
$$\left[ \frac{C}{I} \right] = \left\{ \left[ \frac{C}{I} \right]_u^{-1} + \left[ \frac{C}{I} \right]_d^{-1} \right\}^{-1} \quad (3.12)$$



GAMBAR 3.5<sup>18</sup>  
POWER SPECTRAL DENSITY SINYAL CARRIER QPSK



GAMBAR 3.6<sup>19</sup>  
BAND-LIMITED POWER SPECTRAL DENSITY SINYAL QPSK



GAMBAR 3.7<sup>20</sup>  
KONSEP ADJACENT CHANNEL INTERFERENCE



### III.3.5 Intersymbol Interference

Tipe interferensi ini tidak berasal dari sumber yang datang dari luar seperti interferensi yang telah dijelaskan sebelumnya. Tetapi justru dibangkitkan dalam kanal itu sendiri sebagai hasil filtering dan karakteristik nonlinier TWTA satelit yang dioperasikan dekat dengan saturasi.

Dalam kanal linier bandwidth yang tersedia untuk transmisi data pada rate  $R$  bit/second berada antara  $R/2$  dan  $R$  Hertz. Interferensi intersymbol ini diatasi dengan menggunakan kriteria bentuk pulsa Nyquist (Nyquist pulse shaping criteria). Hal seperti ini tidak memungkinkan bagi suatu kanal satelit yang nonlinier, dimana interferensi intersymbol tidak dapat dikurangi dan menghasilkan penurunan carrier-to-noise ratio.

Dalam sistem digital, sinyal yang ditransmisikan melewati batas bandwidth dan kanal tertentu disebut nonlinier. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan performance. Untuk itu harus diketahui cara menganalisa kanal nonlinier band limited dan untuk memilih filter yang sesuai, serta titik kerja TWTA untuk meminimalkan penurunan performance. Dengan memberikan simbol kanal rate  $1/T_s$  simbol/detik, dimana  $T_s$  adalah durasi simbol, diinginkan untuk mendapatkan bandwidth yang dikehendaki bagi simbol rate. Untuk sinyaling M-Ary, dimana  $M = 2$  yang merupakan sejumlah simbol yang berbeda, bandwidth minimum  $B$  diberikan oleh persamaan :

$$B = \frac{N}{2T_s} \quad (3.13)$$

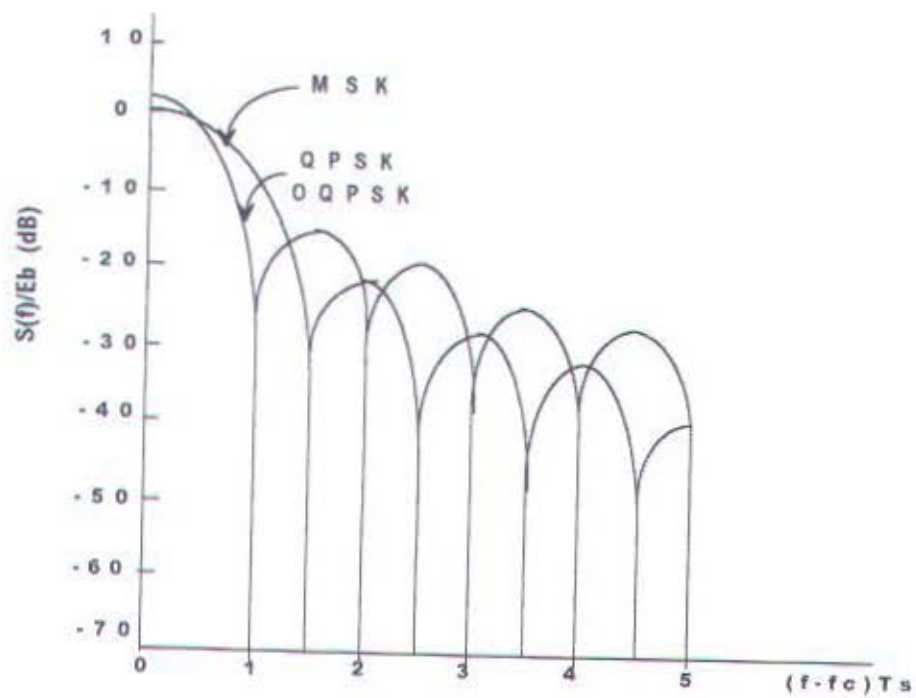
Dimana :

$N$  : Sejumlah fungsi dasar orthonormal

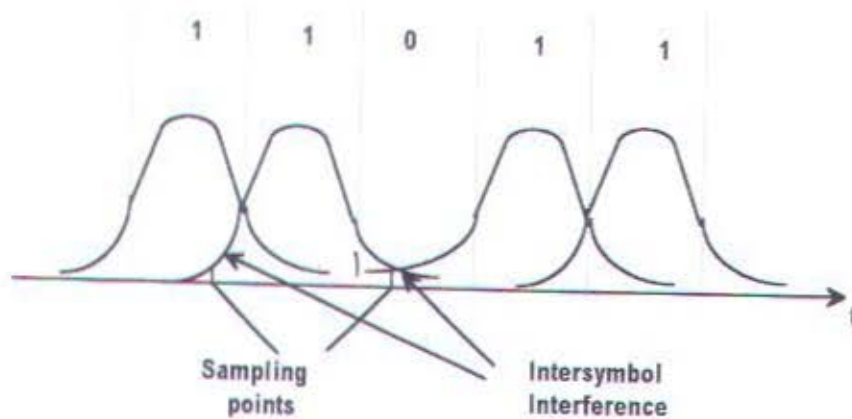
Dengan memperhatikan *power spectral density* QPSK atau OQPSK pada gambar 3.8, terlihat bahwa main lobe menempati sendiri bandwidth  $2/T_s$  yang dipusatkan disekeliling frekuensi carrier  $f_c$ , yang berharga dua kali bandwidth minimum yang diinginkan untuk bandwidth  $1/T_s$ . Bagi kanal satelit linier adalah mungkin untuk membentuk (shaping) secara optimum *power spectral density* QPSK sehingga dapat menempati bandwidth antara  $1/T_s$  dan  $2/T_s$  tanpa menyebabkan terjadinya penurunan performance yang serius.

Untuk kanal satelit nonlinier, hanya memungkinkan pembentukan secara suboptimum (suboptimum shaping). Perbaikan *power spectral density* untuk modulasi sinyal digital disempurnakan oleh filter di pemancar (*lowpass* atau *bandpass*) pada modulator dan filter di penerima (*lowpass* atau *bandpass*) pada demodulator. *Power spectral density* yang diperlihatkan pada gambar 3.8 merupakan hasil dari sinyal *baseband bipolar* (bentuk gelombang modulasi) yang merupakan amplitudo pulsa berjalan +1 atau -1 dan durasi pulsa  $T_s$ , sehingga pembentukan spektrum ini berarti pembentukan ulang (*reshaping*) pulsa rektangular yang menunjukkan simbol-simbol M-Ary.

Pada saat pulsa berjalan melewati filter, pulsa untuk setiap simbol akan melebar (*spread*) dalam waktu tertentu dan menyebabkan interferensi dengan pulsa yang menunjukkan simbol-simbol yang berdekatan (*adjacent symbol*). Akibat peristiwa inilah yang menyebabkan terjadinya interferensi intersimbol seperti diperlihatkan pada gambar 3.9.



GAMBAR 3.8<sup>21</sup>  
POWER SPECTRAL DENSITY MSK, QPSK DAN OPQSK



GAMBAR 3.9<sup>22</sup>  
KONSEP INTERSYMBOL INTERFERENCE



Jika efek dari interferensi intersimbol ini sangat kuat, maka dapat menyebabkan terjadinya keputusan yang keliru. Misalnya pada saat 0 yang ditransmisikan, dapat dikodekan sebagai 1 jika ujung terakhir dari pulsa yang berdekatan ditambahkan hingga harga tertinggi yang melebihi keputusan ambang (*threshold*).

### III.4 KRITERIA INTERFERENSI

Dari berbagai macam interferensi yang terjadi pada sistem komunikasi satelit yang telah dijelaskan diatas, diperlukan informasi mengenai kriteria interferensi yang diinginkan pada sistem komunikasi satelit.

Kriteria interferensi merupakan harga batas interferensi yang diijinkan terhadap suatu jenis gelombang pembawa yang telah ditetapkan oleh rekomendasi CCIR. Pada perhitungan interferensi, besar kriteria interferensi diperlukan agar dapat menentukan besarnya kelebihan interferensi dan sebagai standar apakah interferensi yang timbul telah sesuai dengan ketentuan bagi suatu sistem komunikasi satelit. Apabila harga interferensi yang terjadi lebih kecil atau sama dengan harga interferensi yang diijinkan, berarti sistem tersebut memiliki *reliability* yang baik.

Kriteria interferensi yang diinginkan dalam suatu sistem komunikasi satelit tergantung pada tipe trafik (seperti *multi-channel telephony*, televisi dan lain-lain) serta tipe modulasi yang digunakan (analog atau digital). Untuk modulasi analog kriteria interferensi berdasarkan rasio carrier ke noise  $C/N$ , sedangkan untuk

modulasi digital, maka kriteria interferensi yang diinginkan berdasarkan pada probabilitas kesalahan bit  $P_e$  dan  $E_b/N_0$ .

1). Kriteria Interferensi untuk FDM/FM

Berdasarkan rekomendasi CCIR 446-2, kriteria interferensi terhadap FDM/FM dari semua jenis gelombang pembawa interferensi adalah :

$$C/I < 400 \text{ pWp} \quad (3.14)$$

2). Kriteria Interferensi untuk SCPC

Harga kriteria interferensi untuk SCPC bervariasi sesuai dengan jenis gelombang pembawa yang menginterferensi. Untuk interferensi SCPC/FDM/FM, besar kriteria interferensi berdasarkan rekomendasi CCIR 523 telah diturunkan oleh INTELSAT dalam BG-43-21 yaitu :

$$(C/I)_k \geq (C/N)_I + 14 \quad (3.15)$$

Untuk interferensi SCPC/TV, adalah :

$$(C/I)_k \geq (C/N)_I + 12 + 6 \log \gamma \quad (3.16)$$

Dimana :

$$\gamma = \frac{\text{Lebar bidang SAT}}{\text{Lebar energi dispersal TV}}$$

3). Kriteria Interferensi untuk TV

Sesuai rekomendasi CCIR 483 - 1, oleh INTELSAT dengan BG-73-71, besar kriteria interferensi untuk TV dari semua jenis gelombang pembawa interferensi adalah :

$$(C/I)_k \geq (C/N)_I + 14 \quad (3.17)$$

4). Kriteria Interferensi untuk sistem digital

Rekomendasi 522 dari CCIR memberikan kriteria performance untuk digital telephony sebagai berikut :

$P_e = 10^{-3}$  ;  $E_b/N_o = 6.7$  dB untuk rata-rata 10 menit bagi lebih dari 20% setiap bulan

$P_e = 10^{-4}$  ;  $E_b/N_o = 8.4$  dB untuk rata-rata 1 menit bagi lebih dari 0.3% setiap bulan

$P_e = 10^{-6}$  ;  $E_b/N_o = 10.4$  dB untuk rata-rata 1 detik bagi lebih dari 0.01% setiap tahun

Untuk memberikan kriteria interferensi, harus merefleksikan pengaruh yang kuat bagi total *performance* interferensi, salah satunya merupakan domain dari *bit error rate*. Tidak seperti sistem telephony analog, bagi *telephony digital* tidak memiliki hubungan linier antara kontribusi *bit error rate* terhadap interferensi maupun noise. Sehingga sebagai konsekuensinya, salah satunya diharuskan untuk menghubungkan kriteria interferensi terhadap kriteria *performance* aktual sebagai referensi. Sehingga untuk menentukan kriteria interferensi, dipilih *bit error rate* dari  $10^{-6}/k$  hingga  $10^{-6}$  dimana  $k$  adalah merupakan jumlah positif kenaikan *bit error rate* yang diizinkan terhadap interferensi. Mengenai interferensi pada sistem transmisi digital ini dibahas pada Report 793 CCIR.

### III.5 PERBANDINGAN JENIS-JENIS INTERFERENSI

Masalah interferensi pada sistem komunikasi satelit paling sering terjadi pada frekuensi C-Band. Hal ini terutama terjadi karena banyaknya satelit pada orbit geostasioner yang bekerja pada band frekuensi ini, dan karena band frekuensi ini juga digunakan oleh sistem komunikasi gelombang mikro. Karena itu dalam membahas mengenai interferensi, permasalahan lebih ditekankan pada frekuensi C-Band.



Dari berbagai jenis-jenis interferensi yang telah dibahas, interferensi yang dianggap paling dominan dan paling sering terjadi adalah interferensi adjacent satelit dan interferensi terrestrial. Interferensi adjacent satelit terjadi akibat banyaknya satelit diorbit geostasioner dengan letak yang berdekatan, sehingga mengakibatkan timbulnya interferensi yang dibangkitkan oleh stasiun bumi ke satelit yang berdekatan yang datang dari sidelobe antena. Untuk mengatasi masalah ini FCC (*Federal Communication Commission*) telah mengatur secara spesifik besarnya level sidelobe dari antena stasiun bumi relatif terhadap *isotropic gain* seperti yang telah diberikan pada persamaan 3.4. Untuk mengurangi kemungkinan terjadinya interferensi adjacent satelit maka sangat penting untuk mendesain antena sesuai dengan standar yang direkomendasikan FCC sehingga dapat menekan besar level daya interferensi.

Interferensi terrestrial juga merupakan suatu masalah yang kompleks dan sering terjadi. Interferensi ini disebabkan karena alokasi frekuensi yang digunakan oleh komunikasi satelit (misalnya 6/4 GHz) juga dipakai oleh jaringan terrestrial gelombang mikro. Akibat penggunaan bersama band frekuensi antara sistem komunikasi satelit dengan sistem komunikasi terrestrial menyebabkan terjadinya interferensi. Interferensi ini terjadi karena lekukan samping dari antena stasiun bumi terlalu besar. Untuk menghindarkan interferensi yang saling mengganggu antar sistem, ITU (*International Telecommunication Union*) telah menetapkan beberapa pembatasan mengenai daya yang dipancarkan, pengarah antena dan syarat-syarat operasi. Selain itu untuk mengatasi masalah interferensi terrestrial ini, diperlukan pengaturan koordinasi dengan cara pembatasan daya pancar oleh beberapa pemancar terrestrial, pengaturan frekuensi pada beberapa

jaringan terestrial, serta memperhitungkan alokasi antar stasiun bumi pada jarak dan posisi tertentu.

Interferensi polarisasi silang (*cross-polarisation interference*) dapat terjadi karena hasil perbedaan bentuk polarisasi pada sisi stasiun bumi dengan sisi satelit yang disebabkan oleh pengaruh dari ketidaksempurnaan arah antena stasiun bumi dengan antena satelit. Untuk mengatasi interferensi polarisasi silang dapat dilakukan dengan desain antena yang sesuai.

Selain interferensi tersebut diatas, terdapat pula interferensi yang disebut *adjacent channel interference*. Interferensi ini terjadi akibat kanal yang berdekatan yang muncul karena kanal satelit yang *band limited* dan sering terjadi apabila HPA stasiun bumi atau TWTA satelit bekerja pada daerah saturasi. Interferensi ini muncul pada saat sejumlah energi dari sinyal *band limited* jatuh ke dalam kanal yang berdekatan. Akibatnya karakteristik amplitudo mengalami *overlapping* dengan kanal filter (gambar 3.7). Untuk mengurangi interferensi ini dapat diusahakan agar mengoperasikan *backoff output* HPA pada 5 hingga 6 dB agar diperoleh C/I yang kurang dari 25 dB.

Dari keseluruhan jenis-jenis interferensi yang telah dibahas diatas, maka interferensi yang dianggap paling dominan adalah interferensi *adjacent satelit* serta interferensi terestrial. Interferensi juga lebih sering terjadi pada C-band 6/4 GHz. Kecuali untuk interferensi polarisasi silang, interferensi jenis ini lebih mendominasi pada Ku-Band karena terjadi akibat pengaruh hujan. Perbandingan interferensi secara lengkap dapat dilihat pada tabel 3.2.



TABEL 3.2  
PERBANDINGAN JENIS-JENIS INTERFERENSI  
PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

No.	JENIS INTERFERENSI	DEFINISI	PENGARUH PADA		CARA MENGATASI
			C-Band	Ku-Band	
1	ADJACENT SATELLITE INTERFERENCE	Interferensi yang terjadi akibat banyaknya satelit dengan letak yang berdekatan	besar	kecil	Dengan menggunakan antena dengan side lobe yang rendah
2	TERRESTRIAL INTERFERENCE	Interferensi yang disebabkan karena alokasi frekuensi yang digunakan komunikasi satelit, juga dipakai oleh jaringan terrestrial gelombang mikro	besar	kecil	- Pemilihan lokasi yang baik  - Menggunakan band frekuensi tinggi
3	CROSS-POLARIZATION INTERFERENCE	Interferensi yang terjadi akibat perbedaan bentuk polarisasi pada sisi stasiun bumi dengan satelit	kecil	besar	Desain antena yang baik
4	ADJACENT CHANNEL INTERFERENCE	Interferensi yang timbul ketika beberapa bagian energi sinyal band-limited jatuh pada kanal yang berdekatan	besar	kecil	Dengan mengoperasikan HPA pada output back-off sebesar 5 hingga 6 dB
5	INTERSYMBOL INTERFERENCE	Interferensi yang dibangkitkan dalam kanal itu sendiri sebagai hasil filtering dan karakteristik non-linier TWTA satelit yang dioperasikan dekat dengan saturasi	besar	kecil	Pemilihan filter yang tepat pada modulator dan demodulator



### III.6 CONTOH PERHITUNGAN INTERFERENSI PADA LINK SATELIT

Untuk contoh perhitungan interferensi pada link satelit dipilih interferensi adjacent satellite, karena interferensi ini paling sering terjadi pada saat ini terutama pada C-Band, mengingat banyak sekali satelit pada orbit geostasioner bekerja pada band frekuensi ini.

Seperti telah diketahui sebelumnya bahwa jenis interferensi ini dibangkitkan oleh stasiun bumi ke adjacent satelit yang berasal dari side lobe antenna. Dan FCC (*Federal Communication Commission*) sebagai badan pengatur telah membuat spesifikasi bagi level relatif selubung side lobe yang relatif terhadap antenna isotropis (1 atau 0 dB) seperti yang telah ditunjukkan pada persamaan (3.4)

Untuk mengetahui dan mendapatkan daya interferensi yang dibangkitkan atau diterima dari sidelobe antenna stasiun bumi ke atau dari adjacent satelit, perlu untuk mengetahui sudut pemisah (*angular separation*) antara dua satelit geostasioner. Jika sudut pemisah minimum antara satelit yang bekerja pada C-Band (6/4 GHz) adalah  $2^\circ$ , maka diberikan akurasi sekitar  $\pm 0,05^\circ$ .

Untuk menghitung interferensi adjacent satelit maka diambil contoh antara dua satelit dengan sistem A dan sistem B. Dengan menganggap A sebagai existing satelit dengan sistem single carrier per transponder dan B sebagai sistem satelit tujuan dengan menggunakan sistem multiple carrier per transponder. Dengan menggunakan sistem TDMA/QPSK, sistem A mempunyai data rate 60 Mbps dan sistem B memiliki 64 kbps dengan 200 carrier. Parameter data input selengkapnya untuk sistem A dan sistem B diberikan pada tabel 3.3.

TABEL 3.3  
DATA INPUT CONTOH PERHITUNGAN  
INTERFERENSI ADJACENT SATELLITE

<b>SISTEM A</b>	
Parameter modulasi carrier	
Data rate	60 Mbps
Bit durasi bandwidth	0.6
Noise bandwidth	36 MHz
Parameter satelit A	
Satellite separation	2°
Flux density transponder satelit	-80 dBW/m <sup>2</sup>
EIRP satelit	35 dBW
Transponder input back-off	4 dB
Transponder output back-off	1 dB
Differential gain antenna : $G_u - G_u'$	-3 dB
Parameter stasiun bumi A	
Gain antenna pemancar	53 dB
Gain antenna penerima	51 dB
<b>SISTEM B</b>	
Parameter modulasi carrier	
Data rate	64 Kbps
Bit durasi bandwidth	0.63
Noise bandwidth	40 MHz
Parameter satelit B	
Antena gain to noise temperatur ratio	-7dB/°K
EIRP saturasi satelit	36 dBW
TWTA input back-off	11 dB
TWTA output back-off	6 dB
Jumlah carrier per transponder	200
Flux density transponder satelit	-80 dBW/m <sup>2</sup>
Parameter stasiun bumi B	
Power fux density per carrier = $-80-10 \text{ Log } 200$	-103 dBW/m <sup>2</sup>
Gain antenna pemancar ( $G_i$ )	47 dB
Gain antenna penerima	44,5 dB
Antena gain to noise temperatur ratio	22dB/°K
Maximum downlink slant range	37.506 km



Untuk mengkalkulasi interferensi uplink berdasarkan data pada tabel, dihitung *power flux density*  $\Omega$  pada satelit terinterferensi A dan *power flux density* pada satelit interferensi B.

$$\Omega_A = \Omega_A' - BOI_B = -80 - 4 = -84 \text{ dBW/m}^2$$

$$\Omega_B^* = \Omega_B' - BOI_B = -80 - 11 = -91 \text{ dBW/m}^2$$

Gain Antena pemancar untuk stasiun bumi interfering B = 47 dB, sedangkan sudut pemisah (*angular separation*) satelit adalah sebesar  $2^\circ$ , maka berdasarkan FCC diperoleh :

$$29 - 25 \text{ Log } \theta = 29 - 25 \text{ Log } 2^\circ = 21,5 \text{ dB}$$

Sementara itu *differential gain*  $G_u - G_u'$  untuk satelit A adalah -3 dB sehingga diperoleh *total carrier-to-interference ratio uplink* adalah :

$$\begin{aligned} (C/I)_U &= \Omega \text{ (dBW/m}^2\text{)} - \Omega^* \text{ (dBW/m}^2\text{)} + G_i \text{ (dB)} - (29 - 25 \text{ Log } \theta) + G_u \text{ (dB)} - G_u' \text{ (dB)} \\ &= -84 - (-91) + 47 - (21,5) + (-3) \end{aligned}$$

$$(C/I)_U = 29,5 \text{ dB}$$

Untuk menghitung interferensi downlink dengan data input berdasarkan tabel, dilakukan perhitungan EIRP satelit terinterferensi A dan satelit interferensi B (200) carrier sebagai berikut :

$$\text{EIRP}_A = \text{EIRP}_A' - BOO_A = 35 - 1 = 34 \text{ dBW}$$

$$\text{EIRP}_B^* = \text{EIRP}_B' - BOO_B = 36 - 6 = 30 \text{ dBW}$$

Gain antena penerima stasiun bumi terinterferensi A diketahui sebesar 51 dB dengan sudut pemisah antara satelit sebesar  $2^\circ$  sehingga didapatkan  $29 - 25$



$\text{Log } \theta = 29 - 25 \text{ Log } 2^\circ = 21,5 \text{ dB}$ , maka carrier-to-interference-ratio downlink adalah :

$$(C/I)_d = \text{EIRP}_A \text{ (dBW)} - \text{EIRP}_B^* \text{ (dBW)} + G \text{ (dB)} - (29 - 25 \text{ Log } \theta)$$

$$= 34 - (30) + 51 - 21,5$$

$$(C/I)_d = 33,5 \text{ dB}$$

Setelah diketahui  $(C/I)_u$  dan  $(C/I)_d$ , maka diperoleh *total carrier to interference ratio* bagi interferensi adjacent satelit sebagai berikut :

$$(C/I)_{\text{tot}} = \left[ \left( \frac{C}{I} \right)_u^{-1} + \left( \frac{C}{I} \right)_d^{-1} \right]^{-1}$$

$$= ((\text{Log}^{-1}(2,95)) + (\text{Log}^{-1}(3,35)))^{-1}$$

$$= 586,275$$

$$(C/I)_{\text{tot}} = 28 \text{ dB}$$

Nilai total carrier-to-interference ratio ini dapat mempengaruhi link satelit, sehingga pada saat perhitungan performance link yang akan dibahas pada bab V, akan dimasukkan sebagai sinyal interferensi berdasarkan persamaan (3.2). Hasil data output selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.4.

Selain interferensi, noise juga mempengaruhi performance link satelit. Pada bab berikutnya akan dibahas mengenai jenis-jenis noise yang terjadi pada sistem komunikasi satelit, perbandingan antara jenis-jenis noise tersebut dan diberikan juga contoh perhitungan noise pada link satelit.

TABEL 3.4  
DATA OUTPUT CONTOH PERHITUNGAN  
INTERFERENSI ADJACENT SATELLITE

<b>UPLINK</b>	
Power flux density pada satelit interferensi A	-84 dBW/m <sup>2</sup>
Power flux density pada satelit interferensi B	-91 dBW/m <sup>2</sup>
Gain Antena stasiun bumi pemancar interfering B	47 dB
29 - 25 Log $\theta$	21,5 dB
Differential antenna gain $G_u - G_u'$	-3 dB
(C/I) <sub>u</sub>	29,5 dB
<b>DOWNLINK</b>	
EIRP dari satelit interferensi A	34 dBW
EIRP dari satelit interferensi B	30 dBW
Gain Antena stasiun bumi penerima interferensi A	51 dB
29 - 25 Log $\theta$	21,5 dB
(C/I) <sub>d</sub>	29,5 dB
<b>Total Carrier to Interference ratio</b>	<b>28 dB</b>

## BAB IV

# NOISE PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

### IV.1 UMUM

Keberhasilan suatu sistem komunikasi tergantung pada ketepatan penerima untuk mendeteksi sinyal yang dipancarkan. Pendeteksian sinyal yang sempurna sangat memungkinkan apabila tidak terdapat noise. Sinyal yang ditransmisikan seringkali diganggu oleh noise yang selalu ada dalam sistem komunikasi. Noise yang datang bersama-sama sinyal informasi membatasi kemampuan penerima untuk menerima sinyal tersebut, sehingga rate informasi dari transmisi juga terbatas.

Pada sistem komunikasi, noise didefinisikan sebagai sinyal listrik yang tidak diinginkan yang menyertai sinyal informasi. Kualitas sistem komunikasi ditentukan oleh besarnya perbandingan antara sinyal dan noise. Semakin tinggi harga level sinyal dibanding dengan level noise, maka sistem komunikasi itu semakin baik. Sebaliknya semakin rendah level sinyal dibanding dengan level noise, maka kualitas sistem komunikasi semakin menurun. Sehingga untuk meningkatkan kualitas sistem komunikasi dapat dilakukan dengan memperbesar sinyal serta memperkecil noise.

Dalam sistem komunikasi satelit, timbulnya noise berkaitan dengan masalah propagasi gelombang dari antena stasiun bumi menuju satelit. Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa noise dalam sistem komunikasi terdiri dari dua jenis yaitu noise eksternal dan noise internal, maka dalam sistem komunikasi satelit noise yang terjadi lebih banyak berasal dari noise eksternal.



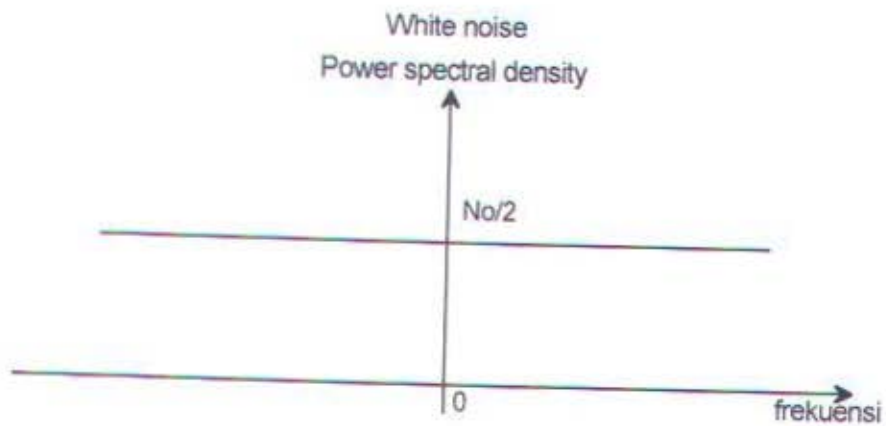
Jenis-jenis noise pada sistem komunikasi satelit antara lain :

1. Noise matahari (*Sun noise*)
2. Noise cosmic
3. Noise gas-gas atmosfer (*atmospheric noise*)
4. Noise karena hujan (*Rain noise*)
5. Noise awan
6. *Ground noise*
7. Noise temperatur antena

Dalam pembahasan mengenai noise pada sistem komunikasi satelit akan diberikan jenis-jenis noise pada sistem komunikasi satelit, kriteria noise yang diijinkan, membuat perbandingan dari noise-noise tersebut, serta memberikan contoh perhitungan noise pada link satelit.

#### IV.2 PERHITUNGAN DASAR NOISE

Noise dalam sistem komunikasi didasarkan pada suatu bentuk noise yang disebut white noise yang memiliki power spectral density sebesar  $N_0/2$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1. *White noise* dikarakterisasi sebagai proses random Gaussian dan dalam hal ini termasuk thermal noise yang dihasilkan oleh gerakan random dari elektron-elektron pada media penghantar, noise matahari dan noise cosmic. *White noise* dapat mengubah sinyal yang diterima sebagai bentuk tambahan (*additive*) sehingga dalam analisa sistem komunikasi disebut sebagai *Additive White Gaussian Noise* (AWGN).



GAMBAR 4.1  
WHITE NOISE POWER SPECTRAL DENSITY

Dalam sistem komunikasi elektronika, *power spectral density* dari *white noise* disesuaikan dengan beban dari sumber noise yang dinyatakan dalam watt per hertz ( W / Hz) sebagai :

$$N_o / 2 = k T_s / 2 \quad (4.1)$$

Dimana  $k$  adalah konstanta Boltzmann dan  $T_s$  adalah noise temperatur dari sumber noise yang diukur dalam Kelvin.

Daya maksimum *thermal noise* yang merupakan sumber yang diberikan pada resistansi beban  $R$  ( bebas noise ) adalah :

$$N = N_o \cdot B = K T_s B \quad (4.2)$$

Dimana  $N$  adalah noise yang terdapat pada sumber noise  $v(t)$  dan tidak tergantung pada sumber resistansi  $R$ .

Dalam sistem komunikasi satelit performance keseluruhan sistem ditunjukkan oleh carrier to noise ratio C/N yang merupakan perbandingan antara daya carrier dan daya noise yang dinyatakan sebagai :

$$C/N = C / k T_e B \quad (4.3)$$

Untuk performance keseluruhan link, mulai dari uplink hingga downlink dinyatakan oleh persamaan :

$$\left[ \frac{C}{N} \right]_{tot} = \left[ \left( \frac{C}{N} \right)_u^{-1} + \left( \frac{C}{N} \right)_d^{-1} \right]^{-1} \quad (4.4)$$

Persamaan ini digunakan sebagai persamaan dalam sistem satelit yang menggunakan tipe modulasi tertentu, dengan adanya pengaruh dari sumber-sumber noise yang akan dijelaskan berikut ini dapat dijumlahkan sebagai total carrier-to-noise ratio dapat digunakan untuk memprediksi performance link. Dalam sistem komunikasi satelit digital, performance diukur dalam faktor probabilitas rata-rata kesalahan bit, yang merupakan fungsi dari carrier-to-noise ratio. Hasil total keseluruhan link satelit akibat adanya pengaruh interferensi beserta noise (*carrier-to-interference plus noise ratio*) adalah :

$$\left( \frac{C}{N+I} \right)_{tot} = \left( \left( \frac{C}{N} \right)_u^{-1} + \left( \frac{C}{N} \right)_d^{-1} + \left( \frac{C}{I} \right)_u^{-1} + \left( \frac{C}{I} \right)_d^{-1} \right)^{-1} \quad (4.5)$$

$$\left( \frac{C}{N+I} \right)_{tot} = \left( \left( \frac{C}{N} \right)_{tot}^{-1} + \left( \frac{C}{I} \right)_{tot}^{-1} \right)^{-1} \quad (4.6)$$

Persamaan (4.6) ini digunakan secara luas sebagai persamaan dalam sistem satelit untuk dapat memperkirakan performance link satelit dengan adanya pengaruh noise dan interferensi. Persamaan ini akan digunakan untuk pembahasan pada bab lima yang akan memberikan contoh perhitungan link satelit dengan pengaruh gabungan interferensi dan noise.



### IV.3 JENIS-JENIS NOISE PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

Noise pada sistem komunikasi satelit adalah noise eksternal yang berasal dari luar sistem penerima yang mempengaruhi temperatur antena. Sumber-sumber noise tersebut berasal dari matahari, kosmik, awan, hujan, oksigen, uap air dan panas bumi. Karena besarnya noise yang berasal dari atmosfer (oksigen, uap air, awan dan hujan) tergantung dari besarnya redaman, maka dalam penjelasan berikut akan diberikan juga penjelasan mengenai redaman.

#### IV.3.1 Noise Matahari

Sumber noise yang terbesar adalah matahari.<sup>23</sup> Noise hujan, gas-gas atmosfer maupun noise permukaan bumi semuanya dipengaruhi oleh matahari. Noise matahari bersumber dari pancaran sinar matahari dan terutama terjadi pada siang hari. Noise ini timbul karena tingginya suhu pada permukaan matahari ( $6000^{\circ}\text{C}$ ) yang diradiasikan ke bumi dalam spektrum frekuensi yang sangat lebar, dimana bidang frekuensi ini juga digunakan pada sistem komunikasi satelit di bumi.

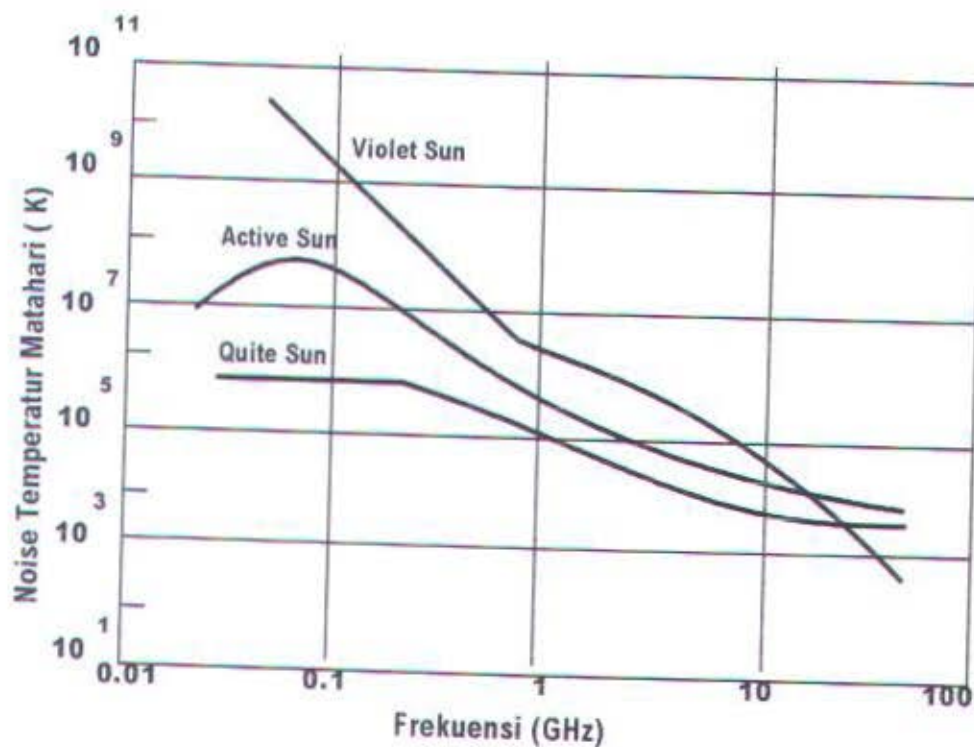
Pada permukaan matahari akan terjadi ledakan pada waktu-waktu tertentu dan menurut siklusnya akan terjadi ledakan besar setiap 11 tahun sekali yang akan menyebabkan terganggunya sistem komunikasi. Jika antena satelit mempunyai arah ke matahari, maka sinyal satelit akan hilang (terhapus) karena noise temperatur matahari yang diterima satelit bisa mencapai  $10^6^{\circ}\text{K}$ .

Besarnya noise temperatur matahari bervariasi sesuai dengan aktivitas matahari (gambar 4.2). Noise temperatur matahari yang diterima oleh antena stasiun bumi adalah:<sup>24</sup>

$$T_s = \left( \frac{7.6 \times 10^{-5}}{4\pi} \right) \cdot \left( \frac{GT_{s\phi}}{L} \right) \quad (4.7)$$

Dimana :

- $T_s$  : Noise matahari yang diterima oleh antena stasiun bumi  
 $G$  : Pola antena yang mengarah ke matahari  
 $L$  : Redaman total atmosfer pada sudut elevasi yang kecil  
 $T_{s\phi}$  : Noise temperatur matahari di ruang bebas



GAMBAR 4.2<sup>25</sup>  
 NOISE TEMPERATUR MATAHARI DI RUANG HAMPA

Matahari adalah sumber noise yang paling kuat dengan temperatur sekitar  $10^6$  °K pada frekuensi 30 MHz dan paling kecil (*quite sun*) sebesar  $10^4$  °K pada frekuensi 10 GHz.

#### IV.3.2 Noise Kosmik

Noise kosmik atau noise galaksi adalah noise yang disebabkan oleh radiasi dari bintang atau galaksi. Noise ini akan maksimum apabila antenna mempunyai arah ke pusat galaksi. Pada frekuensi dibawah 10 MHz, level noise kosmik cukup besar. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran yang dibuat oleh roket dan satelit, yang pada frekuensi rendah dapat mencapai harga maksimum sekitar 1,5 dB.

Jika frekuensi yang digunakan cukup besar, di atas 1 GHz maka menurut Hogg dan Mumford, besarnya noise temperatur kosmik dapat dihitung dengan harga pendekatan :<sup>26</sup>

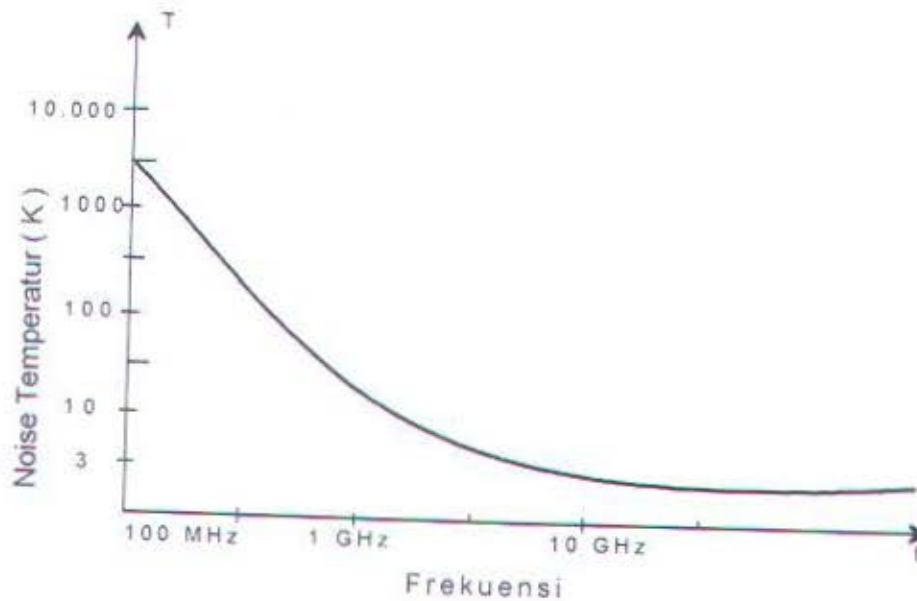
$$T_c = 26/f^2 \quad (^\circ K) \quad (4.18)$$

Dimana :

$T_c$  : Noise temperatur kosmik (°K)

$f$  : Frekuensi kerja (GHz)





GAMBAR 4.3<sup>27</sup>  
NOISE TEMPERATUR KOSMIK

#### IV.3.3 Noise Gas-Gas Atmosfir

Lapisan atmosfer terdiri dari campuran berbagai macam gas yang menyelubungi bumi dan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari bumi karena dipengaruhi oleh gravitasi bumi. Selain terdapat berbagai macam gas, dalam lapisan atmosfer juga terdapat *hydrometeor* yang akan mempengaruhi keadaan cuaca di atmosfer. Kumpulan *hydrometeor* dapat berupa kabut awan dan hujan yang dapat menimbulkan redaman dan noise.

Atmosfir merupakan lautan udara yang menyelubungi bumi dan merupakan campuran berbagai macam gas yang permanen. Berdasarkan hasil penelitian, 99% gas yang terdapat di atmosfer terdiri dari *Nitrogen* (78%) dan *Oxygen* (21%). Sedangkan 1% lainnya terdiri CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> dan lain-lain. Campuran gas-gas

tersebut homogen sampai ketinggian 100 km karena itu disebut lapisan Homosfir. Diatas ketinggian 100 km campuran gas bersifat heterogen, yaitu gas yang lebih ringan berada di tempat yang lebih tinggi karena itu lapisan ini disebut Heterosfir.

Dari sekian banyak gas-gas yang terdapat di atmosfer, maka oksigen dan uap air merupakan gas yang mempunyai pengaruh terbesar terhadap redaman gelombang mikro di atmosfer. Gas-gas tersebut mempunyai medan listrik dan medan magnet yang berinteraksi dengan gelombang mikro yang melaluinya sehingga menyebabkan terjadinya redaman. Untuk gas-gas yang lain, redamannya sangat kecil, sehingga dapat diabaikan. Total redaman oleh gas-gas atmosfer dapat dihitung dengan persamaan<sup>28</sup>.

$$A_n = \int_0^{r_0} [\gamma_o(r) + \gamma_w(r)] dr \quad (4.9)$$

Dimana :

- $A_n$  : Redaman gas-gas atmosfer (dB)
- $r_0$  : Panjang lintasan pada atmosfer (km)
- $\gamma_o$  : Koefisien redaman oksigen (dB/km)
- $\gamma_w$  : Koefisien redaman dari uap air (dB/km)

Besarnya redaman tergantung pada frekuensi, tekanan atmosfer, temperatur dan jarak yang ditempuh. Dalam keadaan normal, dimana tekanan atmosfer 1013,6 mb, temperatur 20° C dan kerapatan uap air sebesar 7.5 gr/m<sup>3</sup> maka persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$A_n = \gamma_{oo} \cdot L_o + \gamma_{wo} \cdot L_w \quad (4.10)$$

Dimana :

- $A_n$  : Redaman gas-gas atmosfer (dB)  
 $\gamma_{oo}$  : Koefisien redaman oksigen  
 $L$  : Panjang lintasan efektif oksigen (km)  
 $\gamma_{wa}$  : Koefisien redaman uap air  
 $L_w$  : Panjang lintasan efektif uap air (km)

Yang dimaksud dengan panjang lintasan efektif yaitu jarak yang ditempuh oleh gelombang mikro yang merambat pada atmosfer, dimana atmosfer tersebut masih mempunyai kerapatan yang konstan dan memberikan redaman yang berarti.

CCIR dalam report 719 memberikan perkiraan lintasan efektif yang dilalui gelombang mikro untuk menembus lapisan ini. Lintasan efektif vertikal penyerapan oksigen diperkirakan 4 km, sedang lintasan efektif vertikal penyerapan uap air diperkirakan sejauh 2 km. Bila lintasan gelombang mikro membentuk sudut elevasi tertentu, maka total lintasan efektif adalah :

$$S = S_v / \sin \phi \quad (4.11)$$

Dimana :

- $S$  : Lintasan efektif (km)  
 $S_v$  : Koefisien efektif vertikal  
 $\phi$  : Sudut elevasi

Dengan demikian redaman total yang disebabkan oleh gas-gas atmosfer adalah:

$$A_n = \gamma_{oo} \cdot \frac{4}{\sin \phi} + \gamma_{wa} \cdot \frac{2}{\sin \phi} \quad (4.12)$$

Dimana :



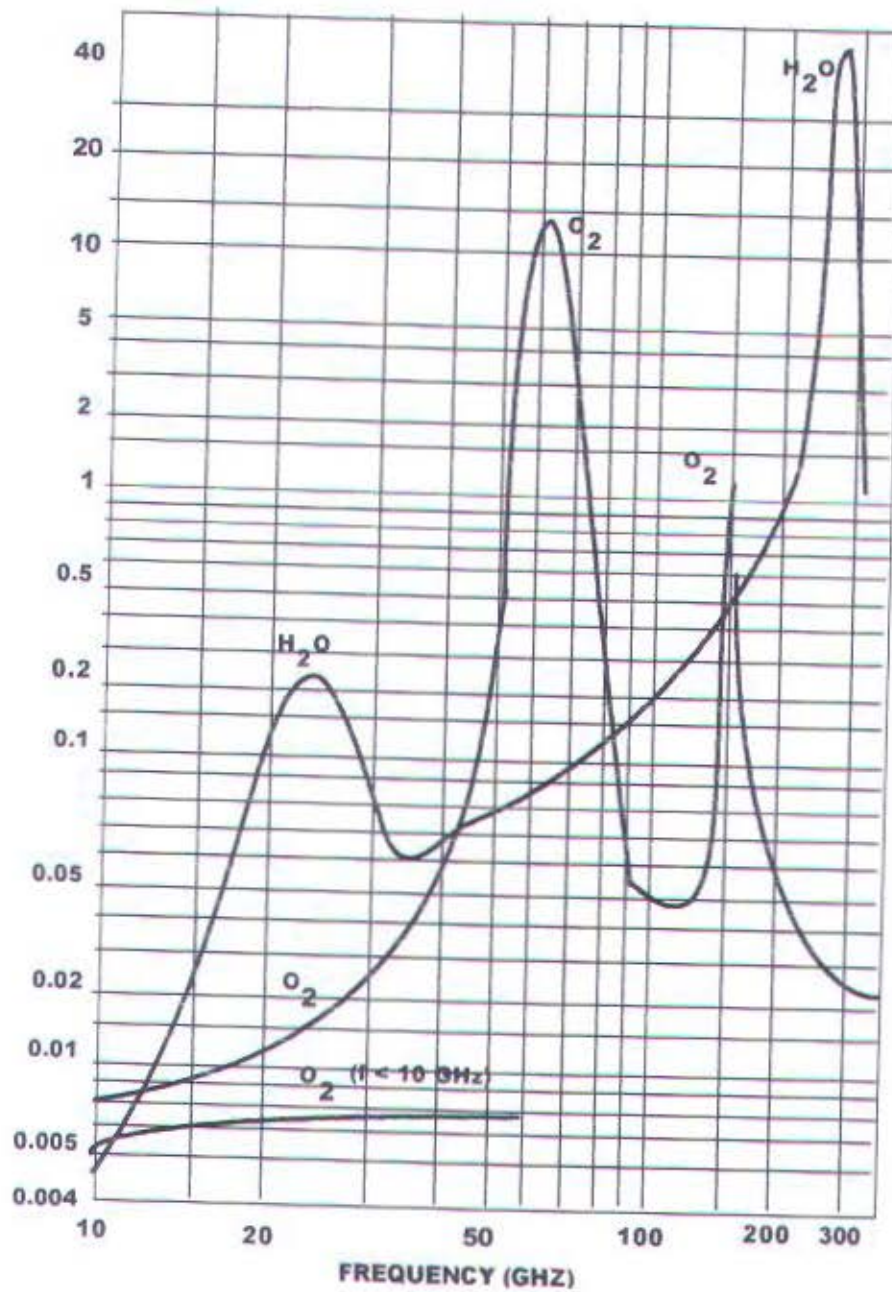
- $A_n$  : Total redaman gas-gas atmosfer  
 $\gamma_{\text{O}_2}$  : Koefisien redaman oksigen  
 $\phi$  : Sudut elevasi  
 $\gamma_{\text{H}_2\text{O}}$  : Koefisien redaman uap air

Selain sebagai media penyerap, maka gas-gas atmosfer juga bertindak sebagai sumber noise. Sinyal satelit yang menembus atmosfer sebagian dihamburkan dan diserap oleh gas-gas atmosfer. Sinyal yang dihamburkan itu kemudian menyertai sinyal satelit dan menimbulkan noise.

Besar koefisien redaman yang disebabkan oleh oksigen dalam keadaan normal terhadap propagasi gelombang mikro dapat dilihat pada gambar 4.4

Dari gambar tersebut terlihat bahwa koefisien redaman tersebut naik secara tajam pada frekuensi 22 GHz yang disebabkan oleh uap air dan pada frekuensi 60 GHz yang disebabkan oleh oksigen. Selanjutnya pada frekuensi diatas 300 GHz redaman atmosfer menjadi sangat tinggi, karena itu alokasi frekuensi yang dapat digunakan untuk komunikasi satelit adalah dibawah 300 GHz.

Karena gas-gas atmosfer itu disinari matahari, maka menjadi panas dan panas ini juga akan menimbulkan noise. Jika cuaca dalam keadaan cerah, maka noise atmosfer hanya disebabkan oleh gas-gas atmosfer tersebut dan disebut noise atmosfer.



GAMBAR 4.4<sup>29</sup>  
KOEFSIEN REDAMAN OKSIGEN DAN UAP AIR

Besar noise atmosfer dinyatakan dalam bentuk noise temperatur atmosfer dan besarnya adalah :<sup>30</sup>

$$T_{atm} = \int_0^{\infty} t(r) \cdot \alpha(r) \exp \left[ -\int_0^{\infty} \alpha(r') dr' \right] dr \quad (4.13)$$

Dimana :

$T_{atm}$  : Noise temperatur atmosfer ( $^{\circ}$  K)

$t(r)$  : Temperatur atmosfer pada titik  $r$

$\alpha(r)$  : Koefisien redaman gas-gas atmosfer

Perhitungan noise temperatur atmosfer sangat sulit karena harus memperhitungkan koefisien redaman gas-gas sepanjang lintasan propagasi.

Persamaan diatas dapat disederhanakan dengan harga pendekatan yang besarnya :

$$T_{atm} = T_m \left[ 1 - 10^{(-A_a/10)} \right] \quad (4.14)$$

Dimana :

$T_{atm}$  : Noise temperatur atmosfer ( $^{\circ}$  K)

$A_a$  : Redaman total gas-gas atmosfer

$T_m$  : Temperatur rata-rata dari radiasi gas-gas atmosfer

Menurut Altshuler, harga  $T$  dari persamaan diatas dapat dihitung dengan harga pendekatan :

$$T_m = 1.12T_o - 50 \quad (4.15)$$

Dimana :

$T_m$  : Temperatur rata-rata dari radiasi gas-gas atmosfer

$T_o$  : Temperatur di permukaan bumi



#### IV.3.4 Noise Karena Hujan

Selain gas-gas yang eksistansinya permanen, atmosfer juga mengandung hujan yang jumlahnya tergantung pada sumbernya yaitu air, sehingga sulit dibuat patokan yang dapat berlaku secara umum karena mempunyai variasi yang besar terhadap tempat dan waktu. Hujan merupakan hal yang perlu diperhitungkan karena mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap propagasi gelombang mikro. Pengaruh tersebut berupa redaman yang menyebabkan berkurangnya daya yang dipancarkan dan noise yang menyebabkan berkurangnya kualitas sistem komunikasi.

Dalam membicarakan noise karena hujan, hal ini berkaitan erat dengan redaman hujan. Karena itu sebelum membahas noise hujan diperlukan pengetahuan mengenai redaman hujan. Redaman hujan merupakan redaman yang paling dominan diantara redaman yang disebabkan oleh atmosfer. Redaman ini terjadi karena gelombang mikro yang merambat melalui hujan, diserap (*absorption*) dan dihamburkan (*scattering*) oleh titik-titik air hujan yang turun dan bervariasi. Redaman karena hujan sangat dipengaruhi oleh intensitas hujan terutama untuk daerah tropis, karena intensitas hujannya sangat tinggi.

Prakiraan hujan yang sebenarnya adalah suatu proses statistik, dimana banyak model telah dikembangkan. Ada empat model utama yaitu Rice-Holmberg, Dutton-Dougherty, Lin dan Crane. Crane global model adalah yang akan dibahas karena akurasi yang tinggi serta mudah dihitung walaupun menggunakan kalkulator. Model ini memberikan prakiraan total waktu dalam perioda satu tahun, dimana redaman oleh hujan diharapkan dapat memberikan jumlah untuk

propagasi sepanjang lintasan. Redaman total sepanjang lintasan dapat diberikan untuk  $P$  persen pertahun yang merupakan fungsi dari titik distribusi kecepatan hujan (point rain rate distribution), jangkauan hujan secara vertikal, distribusi ukuran tetes hujan serta distribusi curah hujan sepanjang lintasan. Hal ini diberikan melalui persamaan berikut ini<sup>-31</sup>

$$L_r(dB) = \frac{aR_p^b L}{D} \left[ \frac{\exp(ubD) - 1}{ub} \right] \quad 0 \leq D \leq d \quad (4.16)$$

$$L_r(dB) = \frac{aR_p^b L}{D} \left[ \frac{\exp(ubd) - 1}{ub} - \frac{x^b \exp(vbd)}{vb} + \frac{x^b \exp(vbD)}{vb} \right] \quad (4.17)$$

$$d \leq D \leq 22,5 \text{ km}$$

dimana :

$$d = 3,8 - 0,6 \ln R_p \quad (4.a)$$

$$x = 2,3 R_p^{-0,17} \quad (4.b)$$

$$v = 0,026 - 0,03 \ln R_p \quad (4.c)$$

$$u = \ln [x \exp(vd)]/d \quad (4.d)$$

$$D = H - H_o / \tan E \quad E \geq 10^\circ \quad (4.e)$$

$$D = (r_e + H_o) \psi \quad E < 10^\circ \quad (4.f)$$

$$\psi = \sin^{-1} \left\{ \frac{\cos E}{r_e + H} - \left[ (r_e + H) \sin E + \sqrt{(r_e + H_o)^2 \sin^2 E + 2r_e(H - H_o) + H^2 - H_o^2} \right] \right\} \quad (4.g)$$

$$L = D / \cos E \quad E \geq 10^\circ \quad (4.h)$$

$$L = -(r_e + H) \sin E + \sqrt{(r_e + H_o)^2 \sin^2 E + 2r_e(H - H_o) + H^2 - H_o^2} \quad E < 10^\circ \quad (4.i)$$

Parameter yang diberikan dari persamaan diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

$H_o$  = Tinggi stasiun bumi (km)

$H$  = Tinggi dari  $0^\circ$  isotherm

- $E$  = Sudut elevasi stasiun bumi  
 $r_e$  = Radius bumi efektif = 8500 km  
 $\psi$  = sudut pusat (rad)  
 $D$  = Proyeksi permukaan panjang lintasan (km)  
 $L$  = Panjang lintasan (km)  
 $R_p$  = Titik kecepatan curah hujan (mm/h) untuk  $P$  persen pertahun  
 $a, b$  = Koefisien frekuensi berdasarkan karakteristik curah hujan

Apabila  $D \geq 22,5$  km,  $R_p$  akan digantikan oleh  $R_{p'}$ , dimana  $R_{p'}$  adalah point rain rate yang disediakan untuk  $P'$  persen pertahun, dimana  $P'$  diberikan oleh :

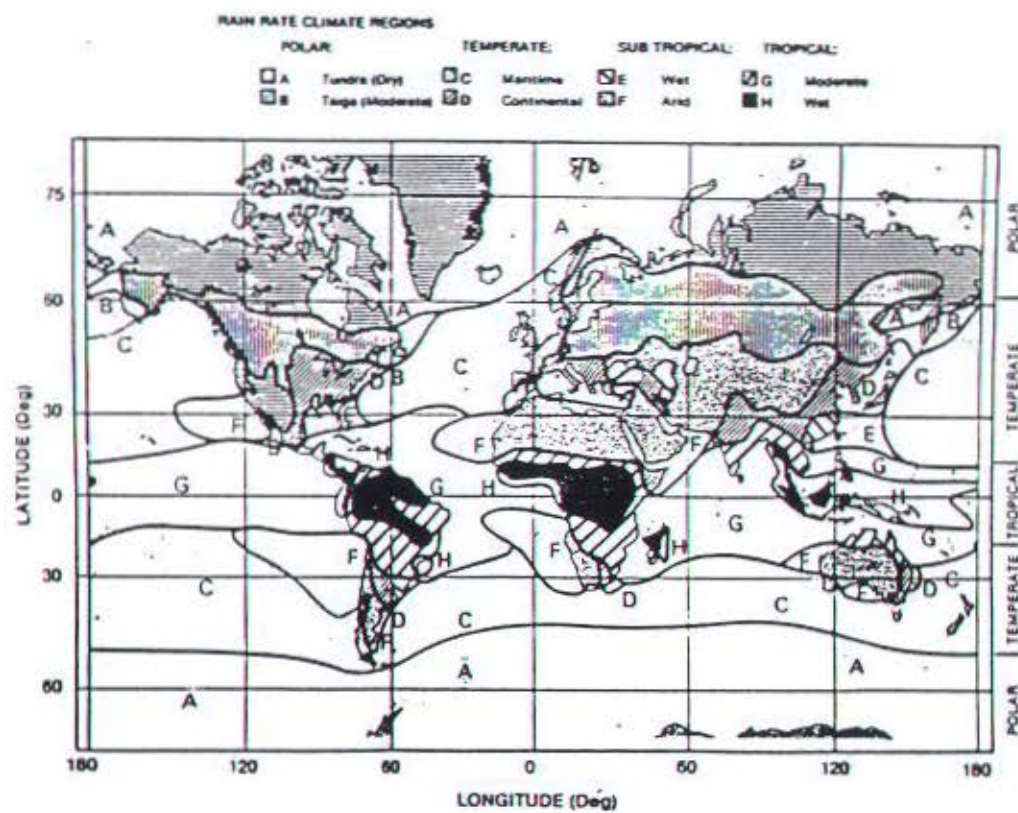
$$P' = [22,4/D] \cdot P \quad D > 22,5 \text{ km} \quad (4.18)$$

Nilai  $a$  dan  $b$  merupakan koefisien yang tergantung pada besarnya frekuensi yang digunakan dan dapat diperkirakan dengan dengan analisa persamaan berikut ini :<sup>32</sup>

$$\begin{aligned}
 a &= 4,21 \times 10^{-5} f^{2.42} & 2,9 \leq f \leq 54 \text{GHz} \\
 a &= 4,09 \times 10^{-2} f^{0.899} & 54 \leq f \leq 180 \text{GHz} \\
 b &= 1,41 f^{-0.0779} & 8,5 \leq f \leq 25 \text{GHz} \\
 b &= 2,63 f^{-0.272} & 25 \leq f \leq 164 \text{GHz}
 \end{aligned} \quad (4.19)$$

Point rain rate tergantung pada daerah curah hujan (rain climate region). Model global Crane memberikan delapan daerah curah hujan dari A hingga H meliputi keseluruhan bumi seperti pada gambar 4.5. Nilai  $R_p$  dapat diperoleh dari distribusi point rain rate pada tabel 4.1





GAMBAR 4.5<sup>33</sup>  
DAERAH IKLIM HUJAN DENGAN MODEL GLOBAL CRANE

TABEL 4.1<sup>34</sup>  
 NILAI DISTRIBUSI POINT RAIN RATE (mm/h)  
 TERHADAP PERSEN RAIN RATE PER TAHUN

Percent of year P %	Rain Climate Region												Minutes per year	Hours per year
	A	B <sub>1</sub>	B	B <sub>2</sub>	C	D <sub>1</sub>	D=D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	E	F	G	H		
0,001	28,5	45	57,5	70	78	90	108	126	165	66	185	253	5,26	0,09
0,002	21	34	44	54	62	72	89	106	144	51	157	220,5	10,5	0,18
0,005	13,5	22	28,5	35	41	50	64,5	80,5	118	34	120,5	178	26,3	0,44
0,01	10,0	15,5	19,5	23,5	28	35,5	49	63	98	23	94	147	52,6	0,88
0,02	7,0	11,0	13,5	16	18	24	35	48	78	15	72	119	105	1,75
0,05	4,0	6,4	8,0	9,5	11	24,5	22	32	52	8,3	47	86,5	263	4,38
0,1	2,5	4,2	5,2	6,1	7,2	9,8	14,5	22	35	5,2	32	64	526	8,77
0,2	1,5	2,8	3,4	4,0	4,8	6,4	9,5	14,5	21	3,1	21,8	43,5	1,052	17,5
0,5	0,7	1,5	1,9	2,3	2,7	3,6	5,2	7,8	10,6	1,4	12,2	22,5	2,630	43,8
1,0	0,4	1,0	1,3	1,5	1,8	2,2	3,0	4,7	6,0	0,7	8,0	12,0	5,260	87,7
2,0	0,1	0,5	0,7	0,8	1,1	1,2	1,5	1,9	2,9	0,2	5,0	5,2	10,520	175
5,0	0,0	0,2	0,3	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,2	26,298	438

Selain redaman yang secara langsung menurunkan daya sinyal, hujan juga dapat menaikkan sky noise temperatur. Pada saat noise temperatur antena merupakan fungsi dari sky noise temperatur, hujan mempengaruhi kenaikan sistem noise temperatur pada stasiun bumi. Kenaikan noise temperatur yang disebabkan oleh faktor redaman  $L_r$  diberikan oleh :

$$\Delta T = T_r \left( 1 - \frac{1}{L_r} \right) \quad (4.20)$$

Dimana apabila redaman  $L_r$  adalah tinggi, maka  $\Delta T$  akan mendekati nilai temperatur hujan  $T_r$ . Secara praktek  $T_r$  biasanya bernilai  $273^\circ \text{ K}$ . Kenaikan noise temperatur berdasarkan hujan ditambahkan secara langsung ke sistem noise temperatur dan selanjutnya dapat menurunkan ratio carrier to noise pada downlink.

Pengaruh redaman akibat hujan terhadap carrier to noise plus interference ratio uplink dan downlink diberikan oleh persamaan berikut ini<sup>35</sup>:

$$\left( \frac{C}{N} \right)_{u,r} = EIRP_{sat}(\text{dBW}) - 20 \log \left( \frac{4\pi f_u d_u}{c} \right) + G_u/T_u(\text{dB/K}) - 10 \log k - 10 \log B - BO_i(\text{dB}) - L(\text{dB}) - L_{r,u}(\text{dB}) \quad (4.21)$$

$$\left( \frac{C}{N} \right)_{d,r} = EIRP_{s,sat}(\text{dBW}) - 20 \log \left( \frac{4\pi f_u d_u}{c} \right) + \left[ \frac{G}{T + 273 \{ 1 - 1/\log^{-1} [L_{r,d}(\text{dB})/10] \}} \right] - 10 \log k - 10 \log B - BO_o^*(\text{dB}) - L'(\text{dB}) - L_{r,d}(\text{dB}) \quad (4.22)$$

Dimana :

$BO_o^*$  = Output back-off yang berhubungan dengan redaman hujan uplink  $L_{r,u}$

$BO_i$  = Clear-sky input back-off (dB)

$L_{r,u}$  = Uplink rain-induced attenuation (dB)



$L_{r,d}$  = Downlink rain-induced attenuation (dB)

Carrier to interference ratio uplink (dB) juga dapat diturunkan oleh redaman hujan uplink (dB) jika diasumsikan bahwa hujan tidak terjadi pada sumber-sumber interferensi, dimana :

$$(C/I)_{u,r} = (C/I)_u - L_{r,u} \quad (4.23)$$

Dimana  $(C/I)_u$  adalah clear-sky carrier to interference ratio. Dengan asumsi bahwa hujan tidak terjadi secara bersamaan pada uplink maupun downlink antara satelit dan kedua stasiun bumi A dan B. Kemudian carrier to interference downlink dapat diturunkan oleh  $BO_o^* - BO_o$ , dimana  $BO_o$  (dB) adalah clear-sky output back-off :

$$(C/I)_d^* = (C/I)_d - (BO_o^* - BO_o) \quad (4.24)$$

Pada saat hujan terjadi hanya pada downlink, carrier to interference sama-sama mengalami redaman sehingga carrier to interference ratio downlink pada keadaan clear-sky adalah :

$$(C/I)_{d,r} = (C/I)_d \quad (4.25)$$

Dimana  $(C/I)_d$  = clear sky carrier to interference ratio.

#### IV.3.5 Noise Awan

Awan dan kabut merupakan partikel-partikel tetes air yang terjadi pada lapisan troposfir dan mempunyai dimensi lebih kecil dari 100 mikron, sehingga partikel peredam tersebut mempunyai radius yang jauh lebih kecil dari panjang

gelombang mikro. Setiap jenis awan mempunyai kandungan air tertentu, misalnya awan cumulus yang tebal dan mempunyai kerapatan air sebesar  $1,4 \text{ gr/m}^3$  dan pada awan nimbrostratus yang sangat tebal mempunyai kepadatan air sebesar  $4 \text{ gr/m}^3$ .

Besarnya redaman awan tergantung pada konsentrasi tetes air yang terdapat pada awan tersebut, dan bukan pada ukuran tetes airnya. Persamaan koefisien redaman awan menurut Rayleigh adalah :

$$\gamma_c = k \cdot m \quad (4.26)$$

dimana :

- $\gamma_c$  = Koefisien redaman awan (dB/km)
- $k$  = Koefisien redaman spesifik ( $\text{dBm}^3/\text{km} \cdot \text{gr}$ )
- $m$  = Kerapatan air ( $\text{gr/m}^3$ )

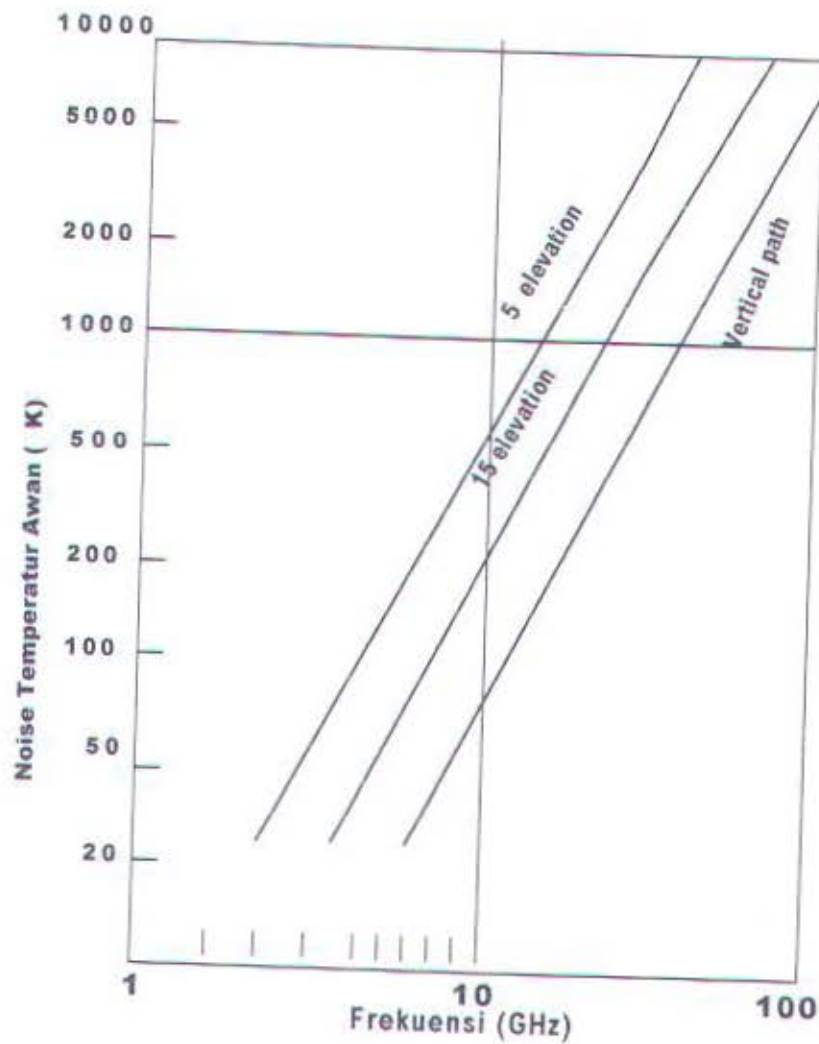
Redaman yang disebabkan oleh awan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$A_c = \gamma_c \cdot S = k \cdot m \cdot s \quad (4.27)$$

Dimana :

- $A_c$  = redaman awan (dB)
- $\gamma_c$  = Koefisien redaman awan (dB/km)
- $S$  = Panjang lintasan efektif awan (km)

Awan juga merupakan sumber noise yang cukup dominan. Noise yang ditimbulkan oleh awan cukup besar, karena itu perlu diperhitungkan dalam merancang sistem komunikasi satelit. Besarnya noise temperatur awan dapat dilihat pada gambar 4.6.



GAMBAR 4.6<sup>36</sup>  
NOISE TEMPERATUR AWAN

Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa besarnya noise temperatur awan sebanding dengan frekuensi. Semakin besar frekuensi maka noise temperatur awan juga semakin besar. Besarnya noise temperatur awan juga bergantung pada sudut elevasi antena stasiun bumi. Semakin kecil sudut elevasi, noise temperatur awan juga semakin besar.



#### IV.3.6 Noise Ground

Jika ada bagian dari pola antena yang diarahkan ke permukaan bumi, maka permukaan bumi akan menjadi sumber noise temperatur bagi antena dan dinamakan noise temperatur ground. Hal ini antara lain disebabkan karena bumi mendapat sinar matahari menjadi panas dan panas bumi inilah yang menimbulkan noise. Besarnya noise temperatur ground tergantung dari temperatur permukaan bumi dan daya pancar dari permukaan tanah.

Besarnya noise temperatur ground adalah :<sup>37</sup>

$$T_{ground} = \frac{A_2 T_g G_2}{4} (1 - \rho^2) \quad (4.28)$$

Dimana :

$T_{ground}$  : Noise temperatur ground

$T_g$  : Temperatur permukaan bumi

$A_2$  : Daerah dimana sudut dari pola antena diarahkan ke tanah

$G_2$  : Gain antena, dimana antena tersebut menerima radiasi langsung dari tanah

$\rho$  : Koefisien refleksi dari tanah

Besarnya noise temperatur ground dapat dihitung, dan secara praktis besarnya temperatur permukaan bumi  $T_{ground} = 290^\circ \text{ K}$ .

#### IV.3.7 Noise Temperatur Antena

Sebagian noise pada sistem komunikasi berasal dari sumber-sumber noise di luar sistem yang diterima oleh antena yaitu bumi, oksigen, uap air (H<sub>2</sub>O), hujan, awan, galaksi dan matahari. Noise temperatur antena dipengaruhi oleh sumber noise yang berasal dari luar sistem penerima dan dapat dihitung dengan rumus :

$$T_a = \frac{1}{4\pi} \iint G(\theta, \phi) \cdot T(\theta, \phi) \sin \theta \, d\theta \, d\phi \quad (4.29)$$

Dimana :

- $T_a$  : Noise temperatur antena
- $G(\theta, \phi)$  : Fungsi normal gain antena
- $T(\theta, \phi)$  : Distribusi temperatur seluruh sudut ruang sekeliling antena
- $(\theta, \phi)$  : Koordinat ruang

Noise temperatur yang berasal dari atmosfer dan radiasi ekstra terestrial disebut noise temperatur sky dimana harga noise ini tergantung pada sudut elevasi antena dan frekuensi yang digunakan. Selain noise temperatur sky, noise temperatur antena juga tergantung pada noise temperatur ground. Dengan demikian harga noise temperatur antena dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$T_a = (P_1 + P_2) T_{sky} + P_2 \cdot T_{ground} \quad (4.30)$$

Dimana :

- $T_a$  : Noise temperatur antena
- $P_1$  : Prosentase pancaran mainlobe (%)
- $P_2$  : Prosentase pancaran sidelobe (%)
- $T_{sky}$  : Noise temperatur sky ( $^{\circ}$  K)
- $T_{ground}$  : Noise temperatur ground ( $^{\circ}$  K)

Sedangkan harga prosentase pancaran sidelobe adalah :

$$P_2 = 1/2 (1-P_1) \quad (4.31)$$

#### IV.4 KRITERIA NOISE

Kualitas sistem komunikasi satelit ditentukan oleh besarnya perbandingan antara sinyal dan noise, tergantung pada sistem modulasi yang digunakan. Ada beberapa sistem komunikasi satelit yang sering dipakai dalam hubungan satelit komersial, antara lain FDM/FM/FDMA, SCPC/FM/FDMA, TV/FM/FDMA dan modulasi digital yang biasanya menggunakan sistem QPSK/TDMA. Masing-masing sistem memiliki kriteria tersendiri untuk menunjukkan performance link satelit dalam batas kriteria yang diijinkan.

##### 1. Sistem FDM/FM/FDMA

Sistem FDM/FM/FDMA adalah suatu sistem komunikasi satelit analog, dimana sinyal informasi dalam bentuk single sideband suppressed carrier di multipleks pada kawasan frekuensi yang kemudian sinyal hasil multipleks tersebut ditransmisikan ke satelit dengan memakai modulasi frekuensi. Kemudian sinyal carrier tunggal dari stasiun bumi lain diolah secara bersama-sama dalam sebuah transponder dengan sistem *Frequency Division Multiple Acces* (FDMA).

Performance objectives dari sistem FDM/FM/FDMA ditunjukkan dengan harga perbandingan antara sinyal terhadap noisenya (S/N). Baseband sinyal to noise ratio dari sinyal FDM/FM/FDMA dirumuskan dengan persamaan berikut :<sup>38</sup>

$$S/N = C/N + 10 \log (f_r/f_m)^2 + 10 \log (B_{if}/b) + P + W \quad (4.32)$$



Dimana :

$S/N$  : *Signal to noise ratio* (dB)

$C/N$  : *Carrier to noise ratio* (dB)

$f_r$  : *Rms test tone deviation* (kHz)

$f_m$  : *Maximum baseband modulating frequency* (kHz)

$B_{if}$  : *IF bandwidth* (kHz)

$b$  : *Voice channel bandwidth* (3,1 kHz)

$P$  : *Pre-emphasis improvement* (4 dB)

$W$  : *Psophometric weighting improvement* (2,5 dB)

Baseband noise dalam picowatt pada sistem FDM/FM diberikan oleh persamaan dibawah ini :<sup>39</sup>

$$Noise = Log^{-1} [(90 - S/N)/10] \quad pWp \quad (4.33)$$

Untuk komunikasi suara, umumnya ditentukan besaran  $S/N$  tertentu sehingga total baseband noise yang diakibatkan oleh noise thermal, noise intermodulasi dan interferensi antar sistem tidak melampaui 8000 pWp. Tambahan 2000 pWp dialokasikan untuk pengaruh interferensi yang diakibatkan oleh adjacent satellite atau transmisi terestrial.

## 2. Sistem SCPC

Tidak seperti sistem FDM/FM/FDMA yang melayani link yang berkapasitas besar, sistem SCPC lebih cocok untuk aplikasi yang hanya membutuhkan sedikit kanal per link. Pada sistem SCPC, masing-masing kanal telepon memodulasi sendiri-sendiri sinyal carrier yang berbeda dan memancarkannya ke transponder

satelit dengan sistem FDMA. Sebuah transponder dengan bandwidth 36 MHz dapat membawa 800 kanal suara bahkan lebih. Sistem SCPC bisa memakai carrier analog maupun digital. Jika memakai modulasi digital, performance-nya diukur dari *average probability of bit error* ( $P_e$ ), sedangkan untuk modulasi analog, yang biasanya menggunakan modulasi frekuensi (FM), diukur dari S/N pada output demodulatornya, sama seperti FDM/FM/FDMA.

*Performance objectives* dari sistem SCPC/FM diperoleh dari persamaan : <sup>40</sup>

$$S/N = C/N + MIF + P + W + C \quad (4.34)$$

$$MIF = 10 \text{ Log} \left[ 3(f_{dev}/f_m)^2 \right] + 10 \text{ Log} \left[ 0,5(B_{if}b) \right] \quad (4.35)$$

Dimana :

C/N : Carrier to noise ratio (dB)

$f_{dev}$  : Peak deviation frequency (kHz)

$f_m$  : Maximum baseband modulating frequency (3,4 kHz)

$B_{if}$  : IF bandwidth (kHz)

b : Voice channel bandwidth (3,1 kHz)

W : Pre emphasis + Weighting improvement (6,5 dB)

C : Companding advantage (17 dB)

MIF : Modulation Improvement Factor

C/N ditentukan sehingga total baseband noise yang diakibatkan oleh noise thermal, noise intermodulasi dan interferensi antar sistem tidak melampaui 8000 pWp (atau  $S/N \geq 51$  dB), sesuai dengan rekomendasi CCITT dan CCIR.

### 3. Sistem TV/FM/FDMA

Baseband signal to noise ratio untuk carrier TV/FM adalah sebagai berikut :<sup>41</sup>

$$S/N_{p-p} = 6 \cdot (C/N) \cdot (B_{if}/f_m) \cdot (f_{dev}/f_m)^2 \cdot PW \quad (4.36)$$

$$S/N_{dB} = 7,8 + C/N_{dB} + 10 \text{Log}(B_{if}/f_m) + 20 \text{Log}(f_{dev}/f_m) + PW_{dB}$$

Dimana :

$f_{dev}$  : Peak frequency deviation (MHz)

$f_m$  : Frekuensi video maksimum (MHz)

PW : Pre-emphasis dan weighting factor (16,2 dB)

Untuk mencapai kualitas transmisi yang baik, umumnya ditentukan suatu besar C/N yang dapat menghasilkan S/N sebesar 53 dB, sesuai dengan rekomendasi CCIR.

### 4. Sistem Modulasi Digital

alam mendisain suatu sistem komunikasi satelit, beberapa informasi yang dibutuhkan adalah jenis pelayanan yang hendak diberikan (suara, video, data dan lain-lain; dengan mekanisme analog atau digital) dan kualitas yang dikehendaki. Pada teknik modulasi digital, kualitas tersebut dinyatakan dalam bentuk *Probabilitas of Error* (Pe), yang merupakan fungsi dari Energi bit per noise (Eb/No). Nilai probabilitas of error tergantung dari jenis modulasi digital yang dipakai pada sistem tersebut. Hubungan antara Eb/No dan C/N dirumuskan pada persamaan 5.17, dimana bandwidth transmisinya ditentukan oleh kecepatan informasi, codingrate dan jumlah bit per simbol, yang diformulasikan sebagai berikut <sup>42</sup>:

<sup>41</sup>

<sup>42</sup> Nippon Telegraph & Telephone Corp, hal 84  
Wilop, Op.cit, hal III-b-7



$$B = R_b \cdot (1/r) \cdot (1/m) \quad (4.37)$$

Dimana :

$R_b$  : Kecepatan bit transmisi

$r$  : Kecepatan coding

$m$  : Bit informasi per simbol

Untuk tipe modulasi QPSK, daya carrier dapat diperoleh berdasarkan daya noise dan bandwidth  $B$  (Hz) sebesar  $C = E_s/T_s = E_b/T_b$  dan  $N = N_o \cdot B$ , sehingga diperoleh input carrier to noise ratio sebesar :

$$E_s/N_o = 2 E_b/N_o = T_s \cdot B (C/N) \quad (4.38)$$

Dengan demikian diperoleh average probability of bit error untuk QPSK :

$$P_b \approx Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{N_o}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_o}}\right) = Q\left(\sqrt{T_s \cdot B \left(\frac{C}{N}\right)}\right) = Q\left(\sqrt{2T_b \cdot B \left(\frac{C}{N}\right)}\right) \quad (4.39)$$

Dimana bit duration-bandwidth product  $T_b \cdot B$  untuk sinyal QPSK ideal adalah sebesar 0,5.

Untuk pelayanan telepon, rekomendasi CCIR 522-1 menyebutkan bahwa BER tidak boleh melebihi dari :<sup>43</sup>

$10^{-6}$  untuk rata-rata 10 menit bagi lebih dari 20% setiap bulan

$10^{-4}$  untuk rata-rata 1 menit bagi lebih dari 0,3% setiap bulan

$10^{-3}$  untuk rata-rata 1 detik bagi lebih dari 0,01% setiap tahun

#### IV.5. PERBANDINGAN JENIS-JENIS NOISE

Dari kesemua jenis-jenis noise yang telah dibahas, noise pada sistem komunikasi satelit merupakan noise eksternal yang berasal dari luar sistem. Sumber-sumber noise ini berasal dari matahari, kosmik, awan, hujan, oksigen dan uap air serta panas bumi yang mempengaruhi temperatur antena. Sumber noise yang terbesar adalah matahari, dimana noise hujan, noise gas-gas atmosfer maupun noise permukaan bumi semuanya dipengaruhi oleh matahari. Noise ini berasal pancaran sinar matahari dengan suhu yang sangat tinggi dan diradiasikan ke bumi dalam spektrum frekuensi yang sangat lebar, dimana bidang frekuensi ini juga digunakan pada sistem komunikasi satelit di bumi. Untuk mengatasi hal ini, antena didisain tidak hanya untuk memfokus beam yang dipancarkan, tetapi juga dapat melindungi sinyal yang diterima dari sumber noise. Noise kosmik berasal dari radiasi oleh bintang-bintang galaksi. Noise akan maksimum apabila antena mempunyai arah ke pusat galaksi. Pada frekuensi di bawah 10 MHz, level noise kosmik cukup besar dan pada frekuensi rendah dapat mencapai harga maksimum sebesar 1,5 dB. Seiring dengan kenaikan frekuensi, maka noise kosmik akan semakin kecil sehingga untuk frekuensi diatas 1 GHz, noise ini dapat diabaikan. Dengan demikian noise kosmik pada C-band dan Ku-band dapat diabaikan pula.

Noise gas-gas atmosfer yang sebagian besar berasal dari oksigen dan uap air juga merupakan salah satu sumber noise dimana pada saat sinyal satelit menembus atmosfer sebagian sinyal dihamburkan dan diserap oleh gas-gas atmosfer. Sinyal yang dihamburkan itu kemudian menyertai sinyal satelit dan menimbulkan noise. Berdasarkan koefisien redaman pada gambar 4.5 terlihat



bahwa noise ini naik pada frekuensi 22 GHz yang disebabkan oleh uap air dan pada frekuensi 60 GHz yang disebabkan oleh oksigen. Selanjutnya pada frekuensi diatas 300 GHz redaman akan menjadi sangat tinggi. Oleh sebab itu alokasi frekuensi yang dapat digunakan untuk sistem komunikasi satelit adalah di bawah 300 GHz.

Noise yang memiliki pengaruh yang sangat besar serta paling dominan dalam sistem komunikasi satelit adalah noise hujan. Pengaruh tersebut berupa redaman yang menyebabkan berkurangnya daya yang dipancarkan sehingga mengurangi kualitas sistem komunikasi. Noise hujan berkaitan erat dengan redaman hujan, yang merupakan noise yang paling dominan diantara redaman yang disebabkan oleh atmosfer. Redaman ini terjadi karena gelombang mikro yang merambat melalui hujan diserap serta dihamburkan oleh titik-titik air hujan yang turun dengan bervariasi. Noise hujan sangat dipengaruhi oleh intensitas hujan terutama untuk daerah tropis, karena intensitas hujan sangat tinggi. Semakin tinggi frekuensi yang digunakan atau semakin besar intensitas hujan, maka koefisien redaman hujan akan semakin besar. Karena itu noise hujan memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap Ku-band, sedangkan pada C-band noise hujan dapat diabaikan. Awan dan kabut merupakan partikel-partikel tetes air yang terjadi pada lapisan troposfir juga merupakan sumber noise yang cukup berarti. Kenaikan noise temperatur awan sebanding dengan frekuensi. Semakin besar frekuensi maka noise temperatur awan juga semakin besar. Besarnya noise temperatur awan juga tergantung pada sudut elevasi antena stasiun bumi. Semakin kecil sudut elevasi maka noise temperatur awan juga semakin besar.



TABEL 4.2  
PERBANDINGAN JENIS-JENIS NOISE  
PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

No.	JENIS-JENIS NOISE	DEFINISI	PENGARUH PADA	
			C-Band	Ku-Band
1	NOISE MATAHARI	Noise yang bersumber dari pancaran sinar matahari yang diradiasikan ke bumi	besar	besar
2	NOISE KOSMIK	Noise yang disebabkan oleh radiasi dari bintang atau galaksi	diabaikan	diabaikan
3	NOISE GAS-GAS ATMOSFIR	Noise yang disebabkan oleh gas-gas atmosfer terutama gas oksigen dan uap air	kecil	besar
4	NOISE KARENA HUJAN	Noise yang ditimbulkan oleh pengaruh hujan dan terjadi akibat redaman hujan	diabaikan	besar
5	NOISE AWAN	Noise yang disebabkan oleh partikel-partikel tetes air yang terjadi pada lapisan troposfir yang berupa awan dan kabut	kecil	besar
6	NOISE PERMUKAAN BUMI (GROUND NOISE)	Noise yang terjadi apabila ada bagian dari pola antena yang diarahkan ke permukaan bumi	kecil	besar
7	NOISE TEMPERATUR ANTENA	Noise yang berasal dari luar sistem yaitu dari atmosfer, awan, bumi, matahari, kosmik dan hujan, yang diterima oleh antena	kecil	besar

Yang terakhir adalah noise ground yang disebabkan karena bumi mendapat sinar matahari sehingga menjadi panas. Dan panas bumi inilah yang menimbulkan noise. Besarnya noise temperatur ground tergantung dari temperatur permukaan bumi dan daya pancar dari permukaan tanah.

Kesemua jenis noise temperatur yang berasal dari atmosfer dan radiasi ekstra terestrial disebut noise temperatur sky, dimana harga noise ini tergantung pada sudut elevasi antena serta frekuensi yang digunakan. Selain noise temperatur sky, noise temperatur antena juga tergantung pada noise temperatur ground. Dengan demikian harga noise temperatur antena merupakan jumlah dari kedua jenis noise ini. Untuk perbandingan jenis-jenis noise pada sistem komunikasi satelit dapat dilihat selengkapnya pada tabel 4.2.

#### IV.6 CONTOH PERHITUNGAN NOISE PADA LINK SATELIT

Dalam sistem komunikasi satelit, noise yang paling besar pengaruhnya adalah noise hujan, terutama pada Ku-band 14/12 GHz. Maka untuk contoh perhitungan noise pada lintasan satelit, diberikan perhitungan untuk noise hujan yang berasal dari redaman hujan. Dalam hal ini akan dihitung mengenai redaman hujan pada downlink untuk stasiun bumi dengan parameter sebagai berikut :

Latitude (Lintang) :  $35^{\circ}$  U

Longitude (Bujur) :  $83^{\circ}$  B

Ketinggian dari level permukaan laut :  $H_o = 0,9$  km

Sudut elevasi antena :  $E = 47^{\circ}$

Frekuensi downlink :  $f = 20$  GHz

Untuk mendapatkan noise temperatur antena dengan pengaruh redaman hujan dapat dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan berikut ini :

1. Memilih daerah iklim hujan : misalnya daerah  $D_3$
2. Memilih permukaan point rain rate :

P%	$R_p(\text{mm/h})$
0,01	63
0,02	48
0,05	32
0,10	22
0,20	14,5
0,50	7,8
1,00	4,7

3. Menjelaskan tinggi isotherm  $0^\circ \text{C}$ , dimana tingginya akan bervariasi tergantung pada probabilitas  $P$ . Untuk interpolasi, plot  $H$  terhadap  $\log P$  dengan menggunakan garis lurus untuk menghubungkan  $H$  ke  $P$ , sehingga diperoleh :

P%	H(km)
0,01	4,40
0,02	4,20
0,05	3,95
0,10	3,75
0,20	3,55
0,50	3,30
1,00	3,20

4. Menghitung proyeksi permukaan panjang lintasan berdasarkan persamaan :

$$D = [H - H_0] / \tan E \quad E \geq 10^\circ$$



P%	D(km)
0,01	3,26
0,02	3,08
0,05	2,84
0,10	2,66
0,20	2,47
0,50	2,24
1,00	2,14

5. Memilih koefisien a dan b dengan menggunakan persamaan 4.19

Dimana untuk :

$0,01 \leq P\% \leq 0,05$  ;  $R_p > 30$  mm/h, sehingga  $a = 0,0709$  dan  $b = 1,083$

$0,10 \leq P\% \leq 1,00$  ;  $R_p < 30$  mm/h, sehingga  $a = 0,0602$  dan  $b = 1,119$

6. Menghitung konstanta d, x, v dan u berdasarkan persamaan-persamaan 4.a sampai dengan 4.d, sehingga diperoleh :

P%	d	x	v	u
0,01	1,134	1,137	-0,098	0,00029
0,02	1,477	1,191	-0,090	0,028
0,05	1,721	1,276	-0,078	0,064
0,10	1,945	1,360	-0,067	0,091
0,20	2,196	1,460	-0,054	0,118
0,50	2,568	1,622	-0,036	0,152
1,00	2,871	1,768	-0,029	0,178

7. Menghitung redaman berdasarkan persamaan :

$$L_r(dB) = \frac{aR_p^b L}{D} \left[ \frac{\exp(ubD) - 1}{ub} \right] \quad 0 \leq D \leq d$$

sehingga diperoleh :

$$0,01 \leq P\% \leq 0,2 ; D > d$$

Dengan menggunakan persamaan :

$$L_r(\text{dB}) = \frac{aR_p^b L}{D} \left[ \frac{\exp(ubd) - 1}{ub} - \frac{x^b \exp(vbd)}{vb} + \frac{x^b \exp(vbD)}{vb} \right]$$

$$d \leq D \leq 22,5 \text{ km}$$

Diperoleh :

$$0,01 \leq P\% \leq 0,05 ; R_p > 30$$

Dengan demikian diperoleh harga redaman hujan  $L_r$  (dB) sebagai berikut :

P%	$L_r$ (dB)
0,01	28,4
0,02	21,1
0,05	13,4
0,10	8,8
0,20	5,3
0,50	2,5
1,00	1,4

8. Selanjutnya nilai noise temperatur antena dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta T = T_r (1 - 1/L_r)$$

Dimana :  $T_r = 273^\circ \text{K}$ , sehingga diperoleh :

P%	$\Delta T (^\circ \text{K})$
0,01	272,6
0,02	270,9
0,05	260,5
0,10	237
0,20	192,4
0,50	119,5
1,00	75,2

Noise temperatur ini selanjutnya akan dihitung sebagai noise pada performance satelit. Dalam pembahasan pada bab berikutnya adalah mengenai analisa dan perhitungan. Dalam hal ini akan dibahas parameter-parameter yang mempengaruhi performance link satelit, contoh perhitungan dengan adanya pengaruh interferensi dan noise serta menganalisa mengenai pengaruh interferensi dan noise serta membandingkan antara keduanya.



## BAB V

### ANALISA DAN PERHITUNGAN

#### V.1 UMUM

Seperti dalam sistem komunikasi yang lain, tujuan dari sistem komunikasi satelit adalah untuk menyediakan transmisi dengan kualitas sinyal yang terbaik antara satelit dengan stasiun bumi. Pada sistem satelit analog yang menggunakan modulasi frekuensi, kualitas sistem ditunjukkan oleh signal to noise ratio  $S/N$  dari kanal suara yang diukur pada output demodulator FM. Signal to noise ratio pada sisi output ini merupakan fungsi dari pada carrier to noise ratio  $C/N$  dari link satelit. Sedangkan pada sistem satelit digital, kualitas sinyal yang diterima oleh stasiun bumi diukur dalam average probability of error rate  $P_e$ , yang merupakan fungsi daripada carrier to noise ratio  $C/N$ , dengan kecepatan informasi  $R$  ( $R = 1/T_b$ ),  $T_b$  adalah selang waktu bit informasi), dan noise bandwidth dari kanal satelit. Untuk mendapatkan kualitas sinyal yang diinginkan, juga tergantung dari tipe modulasi digital yang digunakan.

Pembahasan dalam bab lima ini menekankan pada masalah analisa serta contoh perhitungan link satelit dengan adanya pengaruh interferensi dan noise. Hal ini perlu dilakukan agar dapat diketahui sejauh mana keberadaan interferensi dan noise memberikan pengaruhnya terhadap performance link satelit. Selain itu untuk membuat suatu perencanaan sistem komunikasi satelit perlu diketahui pula parameter-parameter yang berperan di dalamnya.

## V.2 PARAMETER LINK SATELIT

Suatu link satelit terdiri dari lintasan naik (uplink) dan lintasan turun (downlink). Kualitas sinyal uplink tergantung pada besarnya EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) yang dipancarkan stasiun bumi pemancar serta bagaimana satelit menerima sinyal tersebut. Pada downlink, kualitas sinyal tergantung pada bagaimana satelit memancarkan kembali sinyal tersebut dengan kuat serta bagaimana stasiun bumi tujuan menerimanya. Link satelit komunikasi secara sederhana ditunjukkan pada gambar 5.1

Dalam merencanakan suatu link komunikasi satelit yang menggunakan satelit geostasioner perlu diperhatikan beberapa hal berikut :

1. Frekuensi yang digunakan.

Hal ini berkaitan dengan besarnya interferensi maupun noise yang terjadi, serta redaman ruang bebas maupun redaman lainnya yang merupakan fungsi frekuensi.

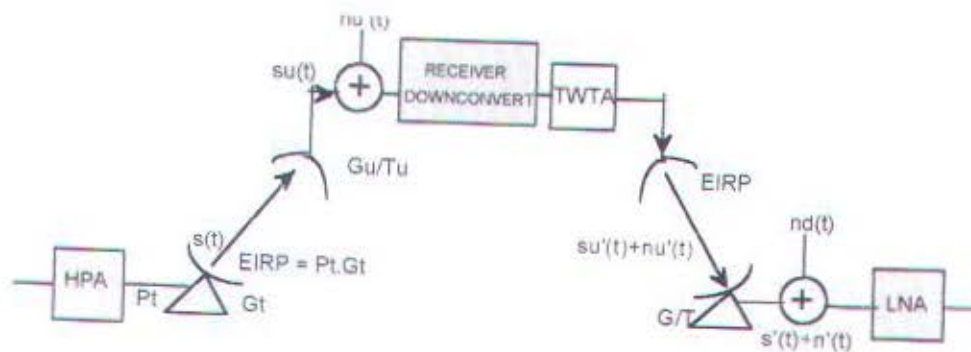
2. Letak stasiun bumi.

Penentuan letak stasiun bumi dapat membantu mengurangi pengaruh interferensi, disamping pemakaian antena dengan pola radiasi yang baik.

3. Sistem modulasi dan multiple acces yang digunakan.

Penentuan sistem modulasi berhubungan dengan kualitas komunikasi yang ingin dicapai, trafik yang akan dilayani dan penyesuaian dengan sistem yang telah ada.

4. Ketersediaan peralatan dan keterbatasan biaya.



GAMBAR 5.1<sup>44</sup>  
LINK SATELIT

Berikut ini beberapa parameter yang berpengaruh pada link satelit :

### 1. *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*

Sinyal carrier yang dipancarkan oleh stasiun bumi pemancar  $s(t)$  ke arah satelit memiliki daya yang disebut *effective isotropic radiated power* (EIRP). EIRP merupakan besaran hasil perkalian daya carrier yang dimasukkan ke antena dengan gain antena seperti dirumuskan pada persamaan di bawah ini:

$$EIRP = P_t \cdot G_t \quad \text{atau}$$

$$EIRP = P_t \text{ (dBW)} + G_t \text{ (dBi)} \quad (5.1)$$

Dimana :

- EIRP : Effective Isotropic Radiated Power (dBW)
- $P_t$  : Daya carrier yang masuk ke antena (dBW)
- $G_t$  : Gain antena pemancar (dB)

### 2. *Power Flux Density*

Level sinyal yang dipancarkan stasiun bumi pemancar ke sebuah satelit diukur sebagai power fluks density dalam satuan  $\text{watt/m}^2$  yang dirumuskan seperti persamaan 5.2 di bawah ini :<sup>45</sup>

<sup>44</sup>  
<sup>45</sup>

<sup>44</sup> Ibid, hal 130

<sup>45</sup> Wilop, SKSD Rekayasa Komunikasi Satelit Palapa B2R, Perumtel, 1990, hal 3



$$\Omega \text{ (dB/m}^2\text{)} = EIRP_{sh} \text{ (dBW)} - 10 \text{Log} (4\pi d_u^2) \quad (5.2)$$

Dimana :

$\Omega$  : Power fluks density (dB/m<sup>2</sup>)

EIRP : Effective Isotropic Radiated Power (dBW)

$d_u$  : Jarak up link (m)

### 3. Free Space Loss

Redaman ruang bebas (free space loss) didefinisikan sebagai perbandingan antara daya carrier yang dikirim dan daya carrier yang diterima, bila antenna pemancar maupun antenna penerima adalah antenna isotropis. Besar redaman ruang bebas dapat diperoleh dari persamaan 5.3 di bawah ini :<sup>46</sup>

$$FSL = \left[ \frac{4\pi d}{\lambda} \right]^2 = \left[ \frac{4\pi f d}{c} \right]^2 \quad \text{atau}$$

$$FSL_{(dB)} = 92.45 + 20 \text{ Log } d_{(km)} + 20 \text{ Log } f \text{ (GHz)} \quad (5.3)$$

Dimana :

FSL : Free Space Loss

$d$  : Jarak stasiun bumi ke satelit

$\lambda$  : Panjang gelombang

$f$  : frekuensi kerja

$c$  : Kecepatan cahaya =  $3 \times 10^8$  m/s

### 4. Daya Noise

Pada sistem komunikasi satelit, disamping dipengaruhi oleh noise dari luar sistem, peralatan yang dipakai (antena, amplifier dan lain-lain) juga

membangkitkan daya noise tersendiri. Daya noise tersebut dirumuskan oleh persamaan 5.4 sebagai berikut :

$$N = k.T.B \quad (5.4)$$

Dimana :

k : Konstanta Boltzmann =  $1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J}^\circ\text{K}$

T : Temperatur derau sistem ( $^\circ\text{K}$ )

B : Bandwidth (Hz)

#### 5. Figure of Merit (G/T)

Efisiensi dari sebuah satelit atau sebuah stasiun bumi penerima biasanya dispesifikasikan dalam bentuk perbandingan gain sistem dengan noise temperaturnya. Besaran ini sangat menentukan kepekaan penerimaan sinyal. Besar perbandingan tersebut ditunjukkan pada persamaan 5.5 di bawah ini :

$$\text{Figure of Merit} = G_{(\text{dBi})} - 10 \text{ Log } T \text{ (dB}^\circ\text{K)} \quad (5.5)$$

Dimana :

G : Gain sistem

T : Temperatur derau sistem

#### 6. Uplink dan Downlink Budget

Dari persamaan-persamaan tentang EIRP, power fluks density, free space loss dan daya noise, maka dapat diturunkan persamaan untuk menghitung carrier to noise ratio C/N untuk uplink dan downlink. Untuk memudahkan perhitungan, diasumsikan komunikasi terjadi pada kondisi *clear sky*, dan

hanya ada penurunan level sinyal carrier yang ditransmisikan karena redaman ruang bebas, redaman atmosfer dan *tracking loss* antena.

Besar  $(C/N)_{up}$  dan  $(C/N)_{down}$  pada suatu link komunikasi satelit dapat dihitung dari persamaan berikut ini :<sup>47</sup>

$$\left[ \frac{C}{N} \right]_{up} = (EIRP)_{sb} \left[ \frac{c}{4\pi f_u d_u} \right]^2 \left[ \frac{G}{T} \right]_s \left[ \frac{1}{kB} \right]_{sb} \left[ \frac{1}{BO_{oL}} \right] \quad (5.6)$$

$$\left[ \frac{C}{N} \right]_{up} = \Omega_{sat} \left[ \frac{c^2}{4\pi f_u^2} \right] \left[ \left[ \frac{G}{T} \right]_s \left[ \frac{1}{kB} \right]_{sb} \right] BO_{oL}^{-1} \quad (5.7)$$

$$\left[ \frac{C}{N} \right]_{dw} = (EIRP)_{s,sat} \left[ \frac{c}{4\pi f_d d_d} \right]^2 \left[ \frac{G}{T} \right]_{sb} \left[ \frac{1}{kB} \right]_{sb} \left[ \frac{1}{BO_{oL}} \right] \quad (5.8)$$

Persamaan-persamaan di atas jika ditulis dalam bentuk logaritma adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \left[ \frac{C}{N} \right]_{up} &= (EIRP)_{sb} (dBW) - 20 \log \left( \frac{4\pi f_u d_u}{c} \right) - L (dB) \\ &\quad + \left( \frac{G}{T} \right)_s (dB/K) - 10 \log (kB) - BO_{oL} (dB) \end{aligned} \quad (5.9)$$

$$\begin{aligned} \left[ \frac{C}{N} \right]_{up} &= \Omega_{sat} (dBW/m^2) - 10 \log \left( \frac{4\pi f_u^2}{c^2} \right) - BO_{oL} (dB) \\ &\quad + \left( \frac{G}{T} \right)_s (dB/^{\circ}K) - 10 \log (kB) \end{aligned} \quad (5.10)$$

$$\begin{aligned} \left[ \frac{C}{N} \right]_{dw} &= (EIRP)_{s,sat} (dBW) - 20 \log \left( \frac{4\pi f_d d_d}{c} \right) - L (dB) \\ &\quad + \left( \frac{G}{T} \right)_{sb} (dB/^{\circ}K) - 10 \log (kB) - BO_{oL} (dB) \end{aligned} \quad (5.11)$$

Dimana :

$(C/N)_{up/dw}$  : Carrier to noise ratio up/down link



$EIRP_{s/b}$	: EIRP satelit/stasiun bumi
$\Omega_{sat}$	: Saturation power fluks density
$(G/T)_{s/b}$	: Figure of merit satelit/stasiun bumi
$BO_{up}$	: Back off input/output
$f_{u/d}$	: Frekuensi up/down link
$d_{u/d}$	: Jarak up/down link
$c$	: Kecepatan cahaya = $3 \times 10^8$ m/s
$k$	: Konstanta Boltzman = $1,38 \times 10^{-23}$ J/ $^{\circ}$ K
$B$	: Noise bandwidth (Hz)
$L$	: Redaman atmosfir dan tracking antena

## 7. Link Budget Total

Persamaan (5.1) sampai (5.5) menunjukkan besar carrier to noise uplink dan downlink, kemudian dari kedua besaran tersebut dapat ditentukan besar carrier to noise ratio totalnya sebagai berikut :<sup>48</sup>

$$\left[\frac{C}{N}\right]_{tot}^{-1} = \left[\frac{C}{N}\right]_{up}^{-1} + \left[\frac{C}{N}\right]_{dw}^{-1} \quad (5.12)$$

Jika pada suatu link komunikasi satelit, diperhitungkan pula pengaruh interferensi, maka persamaan (5.13) akan menjadi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \left[\frac{C}{N+I}\right] &= \left\{ \left[\frac{C}{N}\right]_{up}^{-1} + \left[\frac{C}{N}\right]_{dw}^{-1} + \left[\frac{C}{I}\right]_{up}^{-1} + \left[\frac{C}{I}\right]_{dw}^{-1} \right\}^{-1} \\ &= \left\{ \left[\frac{C}{N}\right]_{tot}^{-1} + \left[\frac{C}{I}\right]_{tot}^{-1} \right\}^{-1} \end{aligned} \quad (5.13)$$

dimana (C/I) adalah carrier-to-interference ratio. Kemudian jika ada pengaruh intermodulasi, perhitungan (C/N+I) menjadi sebagai berikut :

$$\left[ \frac{C}{N+I} \right] = \left\{ \left[ \frac{C}{N} \right]_{tot}^{-1} + \left[ \frac{C}{I} \right]_{tot}^{-1} + \left[ \frac{C}{Im} \right]_{tot}^{-1} \right\}^{-1} \quad (5.14)$$

dimana  $C/Im$  adalah carrier to noise intermodulasi.

#### 8. Hubungan C/N dengan Eb/No

Besar Eb/No dapat dihubungkan dengan rata-rata daya carrier  $C$  dan daya noise  $N$  yang diukur pada bandwidth penerima  $B$ . Jika semua sinyal carrier diharapkan mempunyai energi bit  $E_b$  yang sama selama interval pensinyalan  $T_b$ , maka besar daya rata-rata carrier dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$C = E_b/T_b \quad (5.15)$$

Seperti diketahui bahwa spektrum kerapatan daya noise AWGN adalah sebesar  $N_0/2$  dan mempunyai bandwidth  $B$ , maka daya noise dapat diukur dalam bandwidth tersebut untuk frekuensi positif dan negatif adalah sebagai berikut :

$$N = N_0 \cdot B \quad (5.16)$$

Dari kedua persamaan di atas, apabila energi per bit dibandingkan dengan kerapatan daya noise dapat dilihat pada persamaan (5.17) dibawah ini :<sup>46</sup>

$$E_b/N_0 = [C \cdot T_b]/[N/B] = T_b \cdot B \cdot [C/N] \quad (5.17)$$

dimana  $(C/N)$  adalah rata-rata carrier to noise ratio. Jadi dari persamaan (5.17), jika besar  $(C/N)$  diketahui dan bandwidth telah dipilih, maka harga  $E_b/N_0$  dapat dihitung dan rata-rata probabilitas kesalahan bit dapat ditentukan.

### 9. Input dan Output Backoff

Pada analisa link satelit, EIRP carrier atau power fluks density pada satelit dan EIRP saturasi satelit dapat mengirimkan kembali sinyal carrier ke arah stasiun bumi penerima dan biasanya dioperasikan pada sebuah titik operasi TWTA transponder. Titik operasi dimana output TWTA maksimum disebut titik saturasi. Pada banyak kasus, TWTA dioperasikan dibawah titik saturasinya untuk mencegah distorsi karena ketidaklinieran penguat, terutama ketika penguat dioperasikan untuk sistem multicarrier per transponder, untuk mengurangi daya dari hasil intermodulasi yang dibangkitkan oleh penguat linier.

Untuk mengetahui peranan parameter-parameter diatas dalam suatu perencanaan link komunikasi satelit maka berikut ini akan diberikan contoh perhitungan link satelit dengan adanya pengaruh interferensi dan noise.

### V.3. CONTOH PERHITUNGAN LINK SATELIT

Pada perencanaan suatu link satelit dengan adanya pengaruh interferensi dan noise contoh dengan menggunakan sistem TDMA/QPSK pada Ku-band 14/12 GHz antara stasiun A - satelit (A uplink) dan satelit - stasiun B (B downlink), digunakan paramater sinyal carrier sebagai berikut :

Tipe modulasi : QPSK

Bit rate : 60 Mbps

Durasi bit - bandwidth : 0,6

Noise bandwidth : 36 MHz

Data input parameter link komunikasi satelit selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.1.



TABEL 5.1  
DATA INPUT LINK BUDGET SISTEM KOMUNIKASI SATELIT  
( SISTEM TDMA / QPSK )

PARAMETER MODULASI CARRIER	
Tipe modulasi	QPSK
Bit rate	60 Mbps
Bit duration - bandwidth product	0,6
Noise bandwidth	36 MHz
PARAMETER SATELIT	
Power flux density satelit	-81,5 dBW / m <sup>2</sup>
Antena gain to noise temperatur ratio	3,1 dB/ ° K
EIRP saturasi sateli	46,2 dBW
TWTA input back-off	3 dB
TWTA output back-off	0,3 dB
Uplink slant range	37.506 km
Downlink slant range	37.000 km
PARAMETER NOISE	
Tracking antenna dan atmospheric losses (uplink)	1,5 dB
Tracking antenna dan atmospheric losses (downlink)	1,2 dB
Redaman hujan (uplink) $L_{r,u}$	7,8 dB
Redaman hujan (downlink) $L_{r,d}$	4,5 dB
PARAMETER INTERFERENSI	
Carrier to adjacent satellite interference ratio (uplink)	32 dB
Carrier to adjacent satellite interference ratio (downlink)	32 dB
Carrier to channel interference ratio (uplink)	29 dB
Carrier to channel interference ratio (downlink)	29 dB
Margin untuk intersymbol interference	3 dB

Untuk mendapatkan probability of bit error yang sesuai dengan kriteria performance yang diinginkan, maka dilakukan perhitungan parameter-parameter berikut ini :

### 1. Sky noise temperatur

Redaman hujan downlink akan menaikkan sky noise temperatur dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}\Delta T &= 273(1 - 1/\log^{-1}[L_{r,d}(\text{dB})/10]) \\ &= 273(1 - 1/\log^{-1}[4,5/10]) \\ \Delta T &= 176^\circ \text{ K}\end{aligned}$$

### 2. Uplink carrier to noise ratio dengan redaman hujan uplink

Parameter ini dapat dicari berdasarkan persamaan :

$$\begin{aligned}\text{EIRP}_{\text{sat}} (\text{dBW}) &= \Omega_{\text{sat}} (\text{dBW}) + 10 \text{ Log } (4\pi d^2_u) + L (\text{dB}) \\ &= -81,5 + 10 \text{ Log } (4 \cdot \pi \cdot [37.506 \cdot 10^3]^2) + 1,5\end{aligned}$$

$$\text{EIRP}_{\text{sat}} (\text{dBW}) = 82,5 \text{ dBW}$$

Sehingga :

$$(C/N)_{u,r} = 19,5 \text{ dB}$$

### 3. Uplink carrier to noise plus interference ratio dengan redaman hujan uplink

Diasumsikan bahwa dalam kondisi terburuk, hujan tidak terjadi pada sumber interferensi. Sehingga uplink carrier to interference ratio dengan redaman hujan  $L_{r,u} = 7,8 \text{ dB}$  pada stasiun A adalah :

$$\begin{aligned}(C/I)_{u,r} &= (C/I)_u - L_{r,u} \\ &= 27,24 - 7,8\end{aligned}$$

$$(C/I)_{u,r} = 19,44 \text{ dB}$$

Pada saat uplink carrier to noise plus interference ratio dengan redaman hujan  $L_{r,u} = 7,8$  dB pada stasiun B diberikan oleh :

$$\begin{aligned}(C/N)_{u,r} &= [(C/N)^{-1}_{u,r} + (C/I)^{-1}_{u,r}]^{-1} \\ &= [\log^{-1}(1,95) + \log^{-1}(1,944)]\end{aligned}$$

$$(C/N)_{u,r} = 16,46 \text{ dB}$$

4. Downlink carrier to noise plus interference ratio dengan redaman hujan uplink

Dikehendaki threshold sebesar  $10^{-4}$  agar memenuhi link carrier to noise plus interference ratio sama dengan 10,6 dB (persamaan 5.18). Dengan margin sebesar 3 dB untuk interferensi intersimbol, maka total link C/N adalah :

$$(C/N)_{\text{tot}} = 13,6 \text{ dB}$$

Sehingga diperoleh :

$$(C/N)_{\text{tot}} = [(C/N)^{-1} - (C/N)^{-1}_{u,r}]^{-1} = 16,77 \text{ dB}$$

Dengan redaman uplink sebesar 7,8 dB dan total TWTA input back-off sebesar 10,8 dB yang berhubungan dengan output back-off 3,7 dB, maka jumlah penambahan output back-off berdasarkan redaman uplink sebesar 7,8 dB adalah 3,4 dB. Sehingga diperoleh downlink carrier to interference ratio adalah  $(C/I)_d = 27,24 - 3,4 = 23,84$  dB. Dengan demikian downlink carrier to noise dengan redaman hujan uplink adalah :

$$(C/N)_d = [(C/N)^{-1}_d - (C/I)^{-1}_d]^{-1} = 17,72 \text{ dB}$$

5. G/T dengan redaman hujan uplink

Dari persamaan 5.11 sistem gain to noise temperatur diberikan oleh :

$$G/T = 28,77 \text{ dB/K}$$



## 6. EIRP

EIRP stasiun bumi A adalah :

$$\text{EIRP} = \text{EIRP}_{\text{sat}} - \text{BO}_1 = 82,5 - 3 = 79,5 \text{ dBW}$$

## 7. Uplink carrier to noise plus interference ratio dengan redaman hujan downlink

$$(C/N)_u = [(C/N)_{u,r} + 7,8 = 16,46 + 7,8 = 24,26 \text{ dB}$$

## 8. Downlink carrier to noise plus interference ratio dengan redaman hujan downlink

Dengan mengetahui total link  $(C/N)_{\text{tot}} = 13,6 \text{ dB}$ , berdasarkan hubungan

$(C/N)_{d,r}$  dengan  $L_{r,d} = 4,5 \text{ dB}$  adalah :

$$(C/N)_{d,r} = [(C/N)^{-1} - (C/N)_u^{-1}]^{-1} = 14 \text{ dB}$$

Pada saat hujan hanya terjadi pada saat downlink, carrier to interference ratio terjadi pada harga clear-sky, sehingga  $(C/I)_{d,r} = (C/I)_d = 27,24 \text{ dB}$ . Sehingga diperoleh downlink carrier to noise ratio dengan redaman hujan  $4,5 \text{ dB}$  sebesar :

$$(C/N)_{d,r} = [(C/N)_{d,r}^{-1} - (C/I)_{d,r}^{-1}]^{-1} = 14,2 \text{ dB}$$

9.  $(G/T)$ , dengan redaman hujan downlink

Sistem gain to noise temperatur  $(G/T)_r$  dengan redaman hujan downlink adalah  $(G/T + \Delta T)$  sehingga diperoleh :

$$(G/T)_r = 26,35 \text{ dB/K}$$

Dengan membandingkan  $(G/T)_r$  terhadap  $(G/T)$  dengan redaman hujan uplink berdasarkan item 5 dan menggunakan  $\Delta T = 176^\circ \text{ K}$  pada item 1, diperoleh :

$$10 \log \frac{T + \Delta T}{T} = 2,42 \text{ dB}$$

Pada saat kondisi clear-sky, maka noise temperatur adalah :  $T = 236^\circ \text{ K}$

#### 10. Gain antenna penerima

Pada saat  $G/T = 28,77 \text{ dB/K}$  dan  $T = 236^\circ \text{K}$ , maka gain antenna penerima adalah:

$$G_r = 52,5 \text{ dB}$$

#### 11. Gain antenna pemancar

Dengan mengasumsikan efisiensi aperture yang sama untuk pemancar dan penerima, maka gain antenna pemancar adalah :

$$G_t = G_r (f_u / f_d)^2 = 53,8 \text{ dB}$$

#### 12. Diameter antenna

Dengan mengasumsikan efisiensi aperture sebesar 0,56, maka diperoleh diameter antenna sebesar 4,5 m

#### 13. HPA output power

Dengan EIRP uplink sebesar 79,5 dBW berdasarkan item 6, dengan gain antenna pemancar sebesar 53,8 dB maka daya yang diinginkan antenna adalah 25,7 dB atau 371,5 W, termasuk waveguide loss. Jika diasumsikan waveguide loss sebesar 0,3 dB, maka HPA output power harus sebesar 26 dBW atau 400 Watt.

#### 14. Untuk mengoptimasikan diameter antenna, sistem noise temperatur, harga HPA untuk mendapatkan harga yang layak serta tersedianya peralatan di pasaran, maka dibutuhkan iterasi yang dilakukan sebanyak mungkin untuk memperoleh performance sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Selain itu perlu diperhatikan mengenai kombinasi antara diameter antenna, harga HPA

seperti EIRP = 79,5 dBW, clear-sky  $G/T = 28,77 \text{ dB/}^\circ \text{K}$  dan  $(G/T)_r \geq 26,35 \text{ dB/}^\circ \text{K}$  untuk mendapatkan performance link pada threshold  $10^{-4}$ . Sebagai contoh, jika dipilih antenna dengan diameter 5 m selain antenna 4,5 m, maka T dapat dinaikkan hingga  $293^\circ \text{K}$  dan HPA output power akan menjadi sebesar 317 W.

Hasil selengkapnya setelah optimasi dapat dilihat pada tabel 5.2.

TABEL 5.2  
DATA OUTPUT LINK BUDGET SISTEM KOMUNIKASI SATELIT  
(SISTEM TDMA/QPSK)

PARAMETER MODULASI CARRIER	
Tipe modulasi	QPSK
Bit rate	60 Mbps
Bit duration - bandwidth product	0,6
Noise bandwidth	36 MHz
PARAMETER LINK SATELIT	
Sky Noise Temperatur	$176^\circ \text{K}$
(C/N) uplink (uplink rain)	19,5 dB
(C/I) uplink , rain	19,44 dB
(C/N+I) uplink (uplink rain)	16,46 dB
(C/N+I) downlink (uplink rain)	16,77 dB
(G/T) uplink, rain	$28,77 \text{ dB/}^\circ \text{K}$
EIRP uplink	79,5 dBW
(C/N+I) uplink (downlink rain)	24,26 dB
(C/N+I) downlink (downlink rain)	14,2 dB
(G/T) downlink, rain	$26,35 \text{ dB/}^\circ \text{K}$
Gain antenna penerima	52,5 dB
Gain antenna pemancar	53,8 dB
Diameter antenna	4,5 m
HPA output power	400 watt
Probability of bit error	$10^{-4}$



#### V.4 ANALISA INTERFERENSI DAN NOISE

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, carrier dapat dipengaruhi atau diganggu oleh sinyal interferensi dan juga noise. Untuk *carrier-to-noise plus interference ratio* diberikan oleh persamaan berikut :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_u = \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_u^{-1} + \left(\frac{C}{I}\right)_u^{-1} \right]^{-1} \quad (5.18)$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_d = \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_d^{-1} + \left(\frac{C}{I}\right)_d^{-1} \right]^{-1} \quad (5.19)$$

Sehingga :

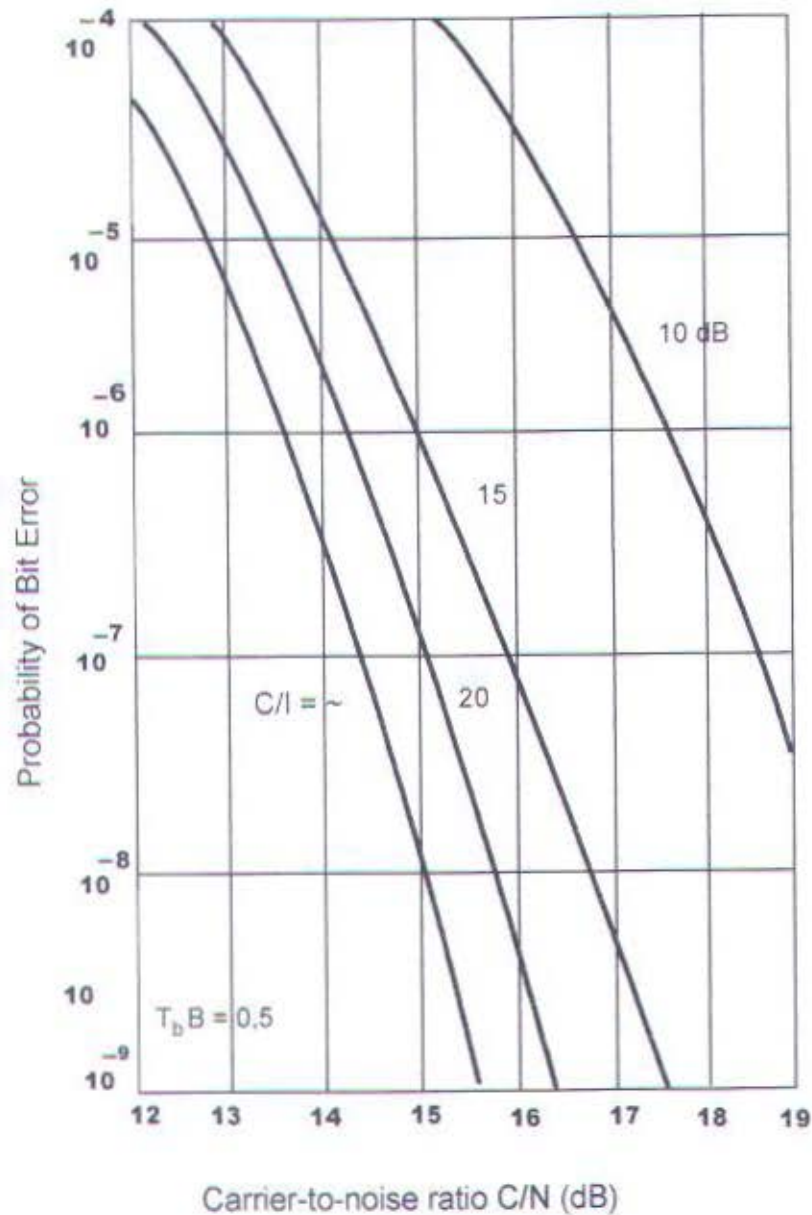
$$\frac{C}{N} = \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_u^{-1} + \left(\frac{C}{N}\right)_d^{-1} + \left(\frac{C}{I}\right)_u^{-1} + \left(\frac{C}{I}\right)_d^{-1} \right]^{-1}$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{tot} = \left[ \left(\frac{C}{N}\right)_{tot}^{-1} + \left(\frac{C}{I}\right)_{tot}^{-1} \right]^{-1} \quad (5.20)$$

Dimana  $C/N$  = carrier to noise ratio dari keseluruhan link dan  $C/I$  = carrier to interference ratio dari keseluruhan link. Kuantitas  $E_b/N_0$ , bit energy to noise plus interference density ratio dapat dihitung dari  $C/N$  dengan menggunakan persamaan :

$$E_b/N_0 = [C \cdot T_b] / [N/B] = T_b \cdot B \cdot [C/N] \quad (5.21)$$

Persamaan 5.20 adalah persamaan yang paling sering digunakan sebagai persamaan pada sistem rekayasa satelit. Dengan memilih tipe modulasi yang digunakan, total carrier to noise plus interference ratio dapat dipergunakan untuk memperkirakan performance link. Dalam sistem satelit digital, performance diukur dalam ketentuan *average probability of bit error* (probabilitas rata-rata kesalahan bit), yang merupakan fungsi dari carrier to noise ratio, dimana sinyal hanya dipengaruhi oleh AWGN. Pada saat sinyal interferensi non-Gaussian diperhitungkan, hasilnya tidak akan tepat, sehingga aplikasi dari carrier to noise plus interference ratio harus berada diluar kondisi tersebut.

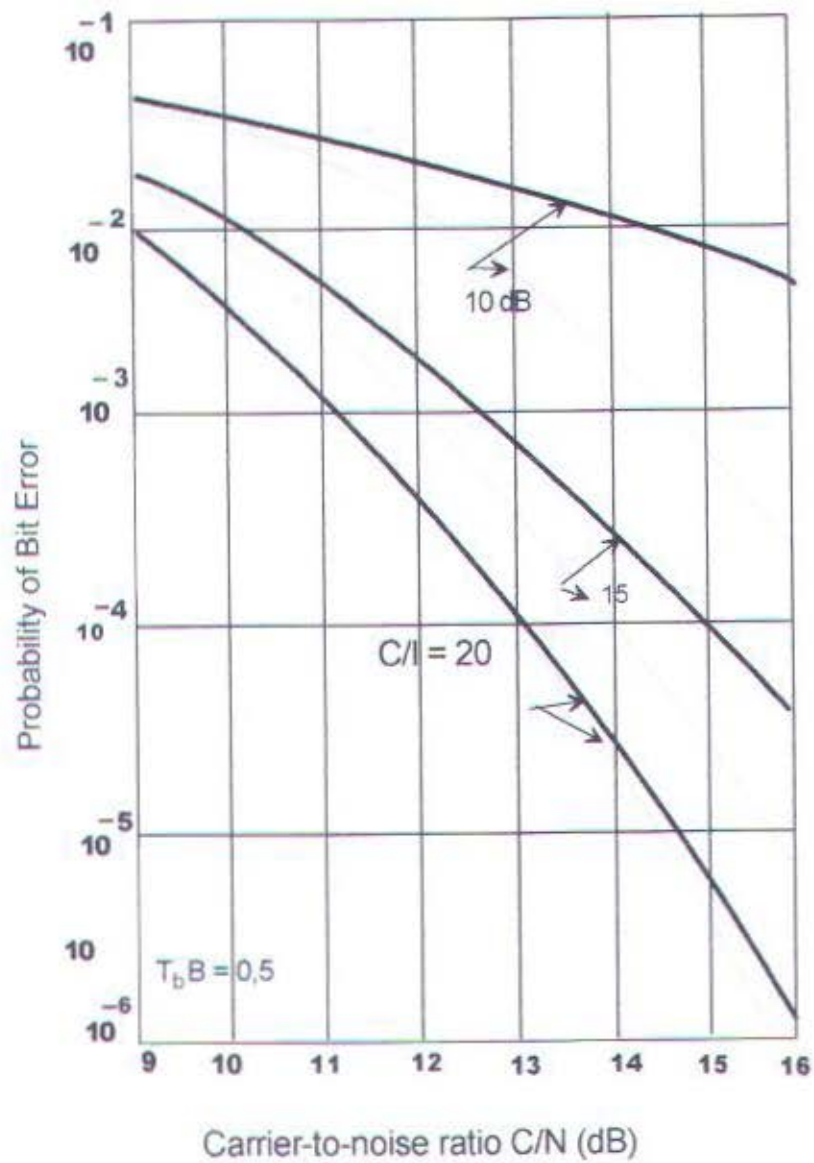


GAMBAR 5.2<sup>50</sup>  
 AVERAGE PROBABILITY OF BIT ERROR UNTUK QPSK  
 DENGAN SATU SINYAL INTERFERENSI QPSK

Pada saat interferensi adalah Non-Gaussian dan tidak ada satupun yang memiliki efek dominan, dapat diperkirakan bahwa proses satu AWGN akan menghasilkan carrier to interference yang sama. Perbaikan interferensi Non-Gaussian adalah ekuivalen dengan AWGN pada link satelit digital dengan menggunakan persamaan 5.20 sehingga diperoleh nilai carrier to interference ratio  $C/I$  dan  $C/I > C/N$ , dimana  $C/N$  adalah carrier to noise ratio. Dengan harga  $C/I$  berarti bahwa nilainya adalah sekitar 20 dB atau lebih dan paling kecil adalah 3 dB lebih besar dari  $C/N$ . Hal ini dapat dikatakan bahwa link satelit adalah "dominan noise". Apabila  $C/I < C/N$ , link dinyatakan "dominan interferensi". Dengan kata lain penempatan interferensi non-Gaussian oleh Interferensi Gaussian noise dengan daya yang sama akan menghasilkan probability of bit error yang lebih tinggi.

Gambar 5.2 dan 5.3 menunjukkan average probability of bit error carrier QPSK secara berturut-turut dengan munculnya AWGN dan satu dan empat sinyal interferensi non-Gaussian. Berdasarkan carrier QPSK pada gambar 5.2, terlihat bahwa pada saat tidak terjadi interferensi ( $C/I = \infty$ ), carrier to noise ratio  $C/N = 13,5$  dB untuk  $P_b = 10^{-6}$ . Dan pada saat  $C/I = 20$  dB, diperoleh  $C/N = 14,3$  dB untuk mendapatkan  $P_b = 10^{-6}$ . Jika interferensi dianggap dipengaruhi oleh AWGN, maka total carrier to noise ratio adalah 13,26 dB, atau dari kurva  $C/I = \infty$  pada gambar 5.2,  $P_b = 2 \cdot 10^{-6}$ , menghasilkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai sebenarnya  $P_b = 10^{-6}$ . Sekarang apabila  $C/I = 15$  dB, maka diinginkan  $C/N = 15,3$  dB untuk mendapatkan  $P_b = 10^{-6}$ . Jika interferensi dianggap sebagai AWGN, maka total carrier to noise harus bernilai 12,14 dB kurva yang diberi tanda  $C/I = \infty$  pada gambar 5.2,  $P_b = 4 \cdot 10^{-6}$  yang terlihat jelas mendapatkan pengaruh interferensi. Berdasarkan pembahasan diatas, diasumsikan bahwa pengaruhnya hanya satu jenis interferensi. Gambar 5.3 menunjukkan average probability of bit error  $P_b$  untuk carrier QPSK terhadap munculnya AWGN dan empat amplitudo interferensi yang sama untuk QPSK dimana  $C/I$  adalah total carrier to interference ratio untuk keempat interferensi.





GAMBAR 5.3<sup>51</sup>  
 AVERAGE PROBABILITY OF BIT ERROR UNTUK QPSK  
 DENGAN EMPAT SINYAL INTERFERENSI QPSK

Disamping itu dapat diamati pula bahwa untuk C/I yang sama, untuk amplitudo interferensi yang sama akan menurunkan sistem performance dibanding interferensi tunggal.

Penurunan lebih berpengaruh pada C/I yang rendah, cukup untuk menghilangkan perkiraan yang berlebihan sehingga memberikan perbaikan bagi interferensi sebagai AWGN. Dalam situasi tertentu, redaman hujan mempunyai kemungkinan pula untuk menurunkan daya carrier, dan ini menunjukkan bahwa sistem interferensi sebagai AWGN dalam desain link adalah sangat tidak konservatif.

## KESIMPULAN

Setelah mengetahui jenis-jenis interferensi dan noise pada sistem komunikasi satelit orbit geostasioner yang bekerja pada C-band (6/4 GHz) dan Ku-band (14/12 GHz) , maka berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya diperoleh kesimpulan akhir bahwa :

1. Interferensi dalam sistem komunikasi satelit paling sering terjadi pada frekuensi C-band, karena frekuensi ini paling banyak digunakan oleh satelit geostasioner dan juga digunakan oleh sistem komunikasi gelombang mikro terrestrial. Diantara jenis-jenis interferensi yang ada, maka interferensi yang paling sering terjadi dan memiliki pengaruh yang paling dominan adalah interferensi adjacent satellite serta interferensi terrestrial. Untuk mengatasi interferensi terrestrial dianjurkan agar menggunakan band frekuensi yang lebih tinggi, misalnya pada Ku-band (14/12 GHz) atau Ka-band ( 30/20 GHz), dimana band frekuensi ini juga jarang digunakan dalam sistem komunikasi gelombang mikro serta memperhitungkan koordinasi frekuensi yang digunakan dan juga pemilihan lokasi antar stasiun. Interferensi Adjacent satellite dapat diminimkan dengan mengatur jarak antar satelit pada orbit geostasioner sebesar  $2^\circ$  dengan akurasi  $\pm 0,05^\circ$  sesuai dengan yang ditetapkan FCC (Federal Communication Commission) atau dengan menggunakan antena dengan sidelobe yang rendah.
2. Noise yang lebih mendominasi dalam sistem komunikasi satelit adalah berupa noise eksternal yang berasal dari luar sistem seperti noise matahari, noise awan, noise gas-gas atmosfer serta noise hujan. Noise dalam sistem komunikasi satelit lebih berpengaruh pada band frekuensi yang tinggi,



sehingga dalam hal ini lebih berpengaruh pada Ku-band (14/12 GHz). Diantara jenis-jenis noise yang berperan, maka noise hujan adalah noise yang paling dominan. Noise karena hujan dapat diminimkan dengan mengoperasikan TWTA satelit dekat dengan titik saturasi dan dianjurkan menggunakan sistem modulasi digital TDMA/QPSK serta memperhitungkan kemungkinan terjadinya noise hujan berdasarkan curah hujan di masing-masing daerah.

3. Masalah interferensi dan noise dalam sistem komunikasi satelit tidak dapat dihilangkan begitu saja, tetapi dapat dihindari dan diminimkan dengan suatu perencanaan yang baik dan teliti.

## DAFTAR PUSTAKA

1. A.A.R. Townsend, Digital Line of Sight Radio Link, Prentice Hall, New York
2. Adi Suryanto, Handout "Sistem Komunikasi Satelit"
3. Carlson A. Bruce, Communication System, McGraw-Hill, USA, 1986
4. Donald M. Jansky & Michael C. Jeruchim, Communication Satellite in Geostationary Orbit
5. ITU, Fixed Services Using Communication Satellite Rec & Report of the CCIR, 1978, Geneva
6. K. Miya, Satellite Communication Engineering, Lattice Company, Tokyo 1975.
7. K. Miya, Satellite Communication Technology, KDD Engineering & Consulting, Inc, Tokyo, 1981
8. K. Sam Shanmugam, Digital and Analog Communication System, John Wiley & Sons, Canada, 1979
9. Marvin Shoemake, Antenna Noise, Scientific Atlanta Georgia, Oktober 76
10. Martin, James, Communication Satellite System, Prentice Hall, NJ, 1978
11. Philip F. Phanter, Communicatin System Design, McGraw-Hill, USA
12. Pratt - Bostian, Satellite Communication, John Wiley & Sons, Canada, 1986
13. Pritchard, Syderhuyd, Nelson, Satellite Communication Systems.Engineering, Prentice-Hall, NJ, 1993
14. Roger L. Freeman, Radio System Design for Telecommunication (1-100 GHz), John Wiley & Sons, New York, 1987
15. Spilker, J.J, Digital Communication by Satellite, Prentice Hall, NJ, 1979
16. Tri T. Ha, Digital Satellite Communication, McGraw-Hill, USA, 1990

17. Pritchard, Syderhuyd, Nelson, Satellite Communication Systems Engineering,  
Prentice-Hall, NJ, 1993
18. Walter R. Morgan & Gary D. Gordon, Satellite Communication Handbook,  
John Wiley & Sons, New York, 1989



16 OCT 1995

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO - ITS

EL.1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS

Nama : Susi Andriani  
NRP : 293 220 2187  
Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi  
Tugas diberikan : Oktober 1995  
Tugas diselesaikan : Pebruari 1996  
Dosen Pembimbing : DR. Ir. Agus Mulyanto M.Sc  
Judul Tugas Akhir :

**STUDI PENGKAJIAN INTERFERENSI DAN NOISE PADA  
SISTIM KOMUNIKASI SATELIT**

Teknologi telekomunikasi semakin berkembang sejak ditemukannya sistim komunikasi dengan menggunakan satelit. Sistim komunikasi dengan menggunakan satelit mampu mencakup daerah pelayanan yang sangat luas. Dalam mengirimkan informasi, propagasi gelombang dalam sistim komunikasi satelit dipengaruhi oleh interferensi dan noise. Dengan mengetahui pengaruh interferensi dan noise diharapkan kualitas pengiriman informasi dapat ditingkatkan.

Dalam tugas akhir ini ditekankan pada pengkajian mengenai interferensi dan noise yang terjadi pada sistim komunikasi satelit mulai dari uplink hingga downlink pada satelit geostasioner.

Surabaya, 9 Oktober 1995

Menyetujui  
Bidang Studi Teknik Telekomunikasi  
Koordinator

Dosen Pembimbing

(Ir. M. Aries Purnomo)  
NIP. 130 532 040

(DR. Ir. Agus Mulyanto M.Sc)  
NIP. 130 422 813

Mengetahui,  
Jurusan Teknik Elektro  
Ketua

(DR. Ir. M. Salehuddin M.Sc)  
NIP. 130 532 026



## USULAN JUDUL TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir	: Studi Pengkajian Interferensi dan Noise Pada Sistim Komunikasi Satelit
Ruang Lingkup	: - Sistim Komunikasi - Sistim Komunikasi Satelit - Sistim Komunikasi Gelombang Mikro
Latar Belakang	: Dengan semakin meningkatnya kebutuhan telekomunikasi maka peranan satelit komunikasi menjadi semakin besar. Informasi-informasi yang dikirim dari sisi pemancar ke penerima adakalanya tidak seperti yang diharapkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dan efisiensi pada sistim komunikasi satelit adalah adanya pengaruh interferensi dan noise. Dengan mengetahui interferensi dan noise diharapkan informasi yang diterima sesuai dengan yang diharapkan.
Penelaahan Studi	: Pengkajian mengenai interferensi pada sistim komunikasi satelit dalam tugas akhir ini dilakukan dengan mengadakan studi literatur tentang prinsip dasar sistim komunikasi satelit, pengertian dasar tentang perbedaan antara interferensi dan noise serta mempelajari berbagai macam interferensi dan noise serta pengaruhnya pada propagasi gelombang dalam sistim komunikasi satelit.
Tujuan	: Mempelajari mengenai bermacam-macam interferensi dan noise yang mempengaruhi propagasi gelombang dalam sistim komunikasi satelit sehingga kualitas pengiriman informasi dapat diperbaiki.
Metodologi	: - Pencarian literatur - Studi literatur - Pembahasan dan analisa - Penulisan buku tugas akhir
Relevansi	: Studi pengkajian tentang interferensi dan noise pada sistim komunikasi satelit diharapkan berguna sebagai pengetahuan dalam merencanakan suatu hubungan sistim komunikasi satelit sehingga keandalan dapat ditingkatkan.

Jadwal kegiatan :

Jenis Kegiatan	Bulan ke					
	1	2	3	4	5	6
Pencarian Literatur						
Studi Literatur						
Pembahasan dan Analisa						
Penulisan Buku Tugas Akhir						



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Susi Andriani  
Tempat/Tgl Lahir : Banda Aceh / 6 Juni 1970  
Agama : Islam  
Ayah : H.M Yusuf Maksah BBA  
(Almarhum)  
Ibu : Hj. Faridah hanum  
Penulis merupakan anak ke 2 dari 4 bersaudara

### Riwayat Pendidikan :

1. SD Negeri I, Banda Aceh, 1977 - 1983
2. SMP Negeri I, Banda Aceh, 1983 - 1987
3. SMA Negeri I, Banda Aceh, 1987 - 1989
4. Politeknik UNSYIAH, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Lhokseumawe, 1989 - 1992
5. Penulis masuk jurusan Teknik Elektro FTI, ITS Surabaya melalui program Lintas Jalur pada tahun 1993